



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



**INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE
CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A
ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS
AFIRMADAS**

TESIS

PRESENTADA POR:

JUAN LUIS MAMANI TOMA

LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2020



DEDICATORIA

- A mis padres:** Sergio Mamani Vilcanqui y Epifania Toma Limatapa quienes me dieron los consejos y valores que me ha permitido ser una persona de bien, brindándome en todo momento su apoyo incondicional para así poder culminar mi carrera profesional.
- A mis hermanas:** Deisy Roxana, Carmen Rosa, Vanesa Mariela, que me motivaron a seguir adelante y llenaron de alegría mi vida.
- A mis tíos:** Clemente Toma Limatapa, Carlos Vilcanqui Vilcanqui, Elías Pérez Pérez, Julián Mamani Vilcanqui, por el apoyo que me otorgaron en los momentos menos esperados.
- A mis Amigos:** Yudith Huanco Sucasaca, Elizabeth Mamani Mamani, Sergio Hernan Moller Calderon, Roy Jorge Vilca Callata, Randy Stevens Gonzales Apaza, Roy Jorge Vilca Callata, Yany Machaca Llanos, Juan Carlos Toma Vilcanqui, Magín Luis Colque Barriga, Ana María Mamani Canaza, Rubén Ricardo Sacari Leon, Mario Hugo Zavaleta Quispe, Ing. José Alberto García Zapata y todos mis amigos del equipo mecánico del GRP quienes me guiaron y aconsejaron para ser una persona exitosa.

Bach. Juan Luis Mamani Toma



DEDICATORIA

- A Dios:** Gracias por la vida y por la salud, que día a día me ilumine, para poder lograr los deseos anhelados.
- A mis padres:** Rufino Callata Barrantes y Marcelina Callata Callata, por estar conmigo en los momentos difíciles de mi vida, siempre brindándome con su apoyo incondicional, paciencia, confianza, amor, por los valores y consejos que me han permitido ser una persona de bien, para llegar a culminar mi profesión.
- A mis hermanos:** Hermano Joel Callata C. que siempre me brindó su apoyo moral para realizar mis objetivos en esta carrera profesional y a mi hermanita Magdalena Callata C. (Que en paz descansa y de Dios goce que supo apoyarme a realizar mis objetivos.
- A mis Amigos** Luis Anchapuri, Walter Choqueza, Oscar Palacios, Jaime Enríquez y Ronald Rodríguez.

Bach. Lener Yonathan Callata Callata



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la fortaleza necesaria y por guiarme y cuidarme.

A la Universidad Nacional del Altiplano por ser la entidad que me formó en sus ambientes como profesional, a todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano, y en especial a nuestro director de Tesis Ing. Zenón Mellado Vargas quien, con toda su sapiencia, tolerancia y sabios consejos, estuvo predisposto en todo momento para el asesoramiento y apoyo de la presente tesis. A nuestros jurados por su tiempo, predisposición y consejos tan acertados, M.Sc. Edgar Vidal Hurtado Chavez, M.C. Emilio Castillo Aroni, Ing. Jose Luis Cutipa Arapa.

***Bach. Juan Luis Mamani Toma,
Bach. Lener Yonathan Callata Callata***



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	16
ABSTRACT.....	17

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2.1 Problema general	18
1.2.2. Problemas específicos.....	19
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.3.1. Hipótesis general	19
1.3.2. Hipótesis específicas.....	19
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.5.1. Objetivo general.....	20
1.5.2. Objetivos específicos	20

CAPÍTULO II

REVISIÓN DEL MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	22
2.2. MARCO TEÓRICO	25
2.2.1. Carreteras	25
2.2.2. Estabilización de suelos	35
2.2.3. Congelamiento de suelos	39
2.2.4. Costo de construcción de una base granular.....	46

CAPÍTULO III



MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO	48
3.1.1. Ubicación de la cantera Chipana	48
3.1.2. Ubicación de la cantera Challacollo	48
3.2. PERIODO DE DURACIÓN, TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	49
3.2.1 Período de duración de estudio.....	49
3.2.2. Tipo y nivel de investigación.....	52
3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO	52
3.3.1. Material de cantera.	52
3.3.2. Cloruro de calcio.....	52
3.3.3. Aceite sulfonado	52
3.4. METODOLOGÍA, POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO	53
3.4.1. Metodología experimental	53
3.4.2. Población de estudio	56
3.4.3. Muestra del estudio	56
3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO.....	57
3.5.1. Coeficiente de correlación de Pearson.....	57
3.5.2. Coeficiente de correlación de Spearman	59
3.5.3. Prueba de hipótesis	59
3.5.4. Prueba de Hipótesis para la Correlación con Pearson.	60
3.5.5. Prueba de hipótesis para la correlación con Spearman.....	61
3.5.6. P-valor de un contraste o prueba de hipótesis.	62
3.6. PROCEDIMIENTO	63
3.6.1. Exploración de la vía y reconocimiento de las canteras	63
3.6.2. Muestreo de las canteras	67
3.6.3. Estudio definitivo.....	68
3.6.4. Procedimiento de cálculos de los ensayos	89
3.7. VARIABLES.....	121

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS	122
4.1.1. Resultados de muestras no tratadas	122



4.1.2. Resultados de muestras tratadas	131
4.1.3. Resultados de resistencia a congelamiento.....	172
4.1.4. Resultados de incidencia de costo de aplicación	193
4.2. DISCUSIÓN.....	198
V. CONCLUSIONES.....	199
VI. RECOMENDACIONES.....	200
VII. REFERENCIAS	201
ANEXOS.....	204

Área : Transportes
Tema : Estabilización de Suelos
Línea de Investigación: Geotecnia

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 08 de enero de 2020.



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Curva de compactación	32
Figura 2: Modelo de compresión simple.....	43
Figura 3: Curva de esfuerzo vs deformación	44
Figura 4: Diagrama de un equipo de prueba triaxial.....	45
Figura 5: Localización de la cantera Chipana.....	48
Figura 6: Localización de Cantera Challacollo.....	49
Figura 7: Región de rechazo en una prueba de hipótesis bilateral.	63
Figura 8: Inicio de la vía en estudio.....	63
Figura 9: Fin de la vía en estudio.....	64
Figura 10: Falla por deficiencia en la capacidad de soporte	64
Figura 11: Erosión de la vía con la presencia de lluvias	64
Figura 12: Presencia de falla por acolchonamiento	65
Figura 13: Antecedente de existencia de vehículos de alto tonelaje	65
Figura 14: Circulación de vehículo pesado.....	66
Figura 15: Vía con pendiente menor a 3%.....	66
Figura 16: Superficie de la vía no pavimentada.....	67
Figura 17: Muestreo en la cantera Chipana.....	67
Figura 18: Transporte de muestras de cantera Chipana	67
Figura 19: Muestreo de material en la cantera Challacollo.....	68
Figura 20: Transporte de muestras de hormigón de cantera Challacollo	68
Figura 21: Secado de material de la cantera Challacollo para granulometría	69
Figura 22: Secado de material de la cantera Chipana	69
Figura 23: Cuarteo de la muestra de la cantera Chipana.....	69
Figura 24: Lavado de muestra cantera Chipana.....	69
Figura 25: Tamizado de la muestra cantera Chipana.....	70
Figura 26: Saturación de muestra para ensayos de LL y LP.....	71
Figura 27: Ensayo de límites de consistencia	71
Figura 28: Muestras para contenido de humedad del ensayo LL y LP	71
Figura 29: Dosificación de cloruro de calcio para límites de consistencia	72
Figura 30: Dosificación de aceite sulfonado para límites de consistencia	72
Figura 31: Saturación de muestra con líquido tratado con aditivos	72
Figura 32: Límites de consistencia con aditivo aceite sulfonado.....	73
Figura 33: Límites de consistencia con aditivo cloruro de calcio	73
Figura 34: Contenido de agua para el ensayo de Proctor modificado.....	73
Figura 35: Peso del molde de Proctor modificado	74
Figura 36: Saturación de muestra para el ensayo de Proctor modificado	74
Figura 37: Compactación por capas para el ensayo de Proctor modificado.....	75
Figura 38: Acabado superficial sobre el molde de Proctor modificado	75
Figura 39: Extracción de muestra para el contenido de humedad.....	76



Figura 40: Muestra para contenido de humedad del ensayo de Proctor modificado.....	76
Figura 41: Dosificación de cloruro de calcio al 0.5% del peso seco de muestra.....	77
Figura 42: Dosificación de aceite sulfonado de 0.15%, 0.30%, 0.50%	77
Figura 43: Compactación por capa de muestras tratadas con aditivos.....	77
Figura 44: Preparación de muestras para el ensayo de CBR.....	78
Figura 45: Lectura de dial de expansión del ensayo de CBR.....	79
Figura 46: Lectura de dial de penetración del ensayo de CBR	80
Figura 47: Preparación de muestras tratadas con cloruro de calcio	80
Figura 48: Lectura de dial de expansión de muestra tratada con cloruro de calcio.....	80
Figura 49: Lectura de dial de penetración de muestra tratada con cloruro de calcio	81
Figura 50: Preparación de muestra tratada con aceite sulfonado	81
Figura 51: Lectura de dial de expansión de muestra tratada con aceite sulfonado	81
Figura 52: Lectura de dial de penetración de muestra tratada con aceite sulfonado	81
Figura 53: Preparación de muestra para el ensayo de CBR diseño tradicional.....	82
Figura 54: Compactación para CBR de la muestra diseño tradicional.....	82
Figura 55: Lectura de dial de expansión muestra diseño tradicional	82
Figura 56: Lectura de dial de penetración muestra diseño tradicional.....	82
Figura 57: Pesado de muestra a 1250 kg para abrasión	83
Figura 58: Muestra de cantera Challacollo para abrasión	83
Figura 59: Muestra sometida a abrasión de cantera Challacollo.....	84
Figura 60: Muestra para abrasión de cantera Chipana	84
Figura 61: Muestra pesada a 1250 kg para abrasión.....	84
Figura 62: Muestra de cantera Chipana sometida a abrasión.....	84
Figura 63: Muestras sometidas a compresión	85
Figura 64: Muestra no tratada sometida a compresión	85
Figura 65: Muestra tratada con cloruro de calcio sometida a compresión	85
Figura 66: Muestras tratada con aceite sulfonado sometido a compresión	85
Figura 67: Congelamiento de muestras a -7.15 C°	86
Figura 68: Muestras congeladas para ser sometidas a compresión simple	86
Figura 69: Lectura de dial para compresión simple	86
Figura 70: Rotura de las muestras dosificadas con CaCl_2 a compresión siempre	86
Figura 71: Muestras congeladas sometidas a compresión	87
Figura 72: Ensayo de triaxial	87
Figura 73: Equipo triaxial	87
Figura 74: Procesamiento de datos de triaxial	87
Figura 75: Acopio y zarandeo de material en canteras	88
Figura 76: Transporte de material de punto de acopio a tramo de conformación.....	88
Figura 77: Batido y conformación de base granular	89
Figura 78: Riego de material para conformación.....	89
Figura 79: Curva de compactación para el procedimiento de cálculo.....	100



Figura 80: Densidad seca vs CBR para el procedimiento de cálculo.....	106
Figura 81: esfuerzo vs deformación para una compresión simple	111
Figura 82: Círculo de Mohr para compresión simple	112
Figura 83: Esfuerzo vs deformación en triaxial	119
Figura 84: Círculo de Mohr para triaxial	120
Figura 85: Granulometría cantera Chipana.....	122
Figura 86: Gráfico de límite líquido muestra sin tratar	124
Figura 87: Relación humedad - densidad muestra no tratada	125
Figura 88: CBR al 95% muestra no tratada	126
Figura 89: Expansión muestra no tratada.....	127
Figura 90: Curva granulométrica cantera Challacollo	128
Figura 91: Histograma de resultados de límites de consistencia de muestra tratada con aceite sulfonado	132
Figura 92: Histograma de resultados de densidad seca máxima de muestra tratada con aceite sulfonado	132
Figura 93: Histograma de resultados CHO de muestra tratada con aceite sulfonado	133
Figura 94: Histograma de resultados de CBR de muestra tratada con aceite sulfonado	133
Figura 95: Histograma de resultados de expansión de muestra tratada con aceite sulfonado	134
Figura 96: Histograma de resultados de límites de consistencia de muestra tratada con aceite sulfonado	135
Figura 97: Histograma de resultados de densidad seca máxima de muestra tratada con cloruro de calcio	135
Figura 98: Histograma de resultados de CHO de muestra tratada con cloruro de calcio.....	136
Figura 99: Histograma de resultados de CBR de muestra tratada con cloruro de calcio	136
Figura 100: Histograma de resultados de expansión de muestra tratada con cloruro de calcio	137
Figura 101: Curva granulométrica de mezcla de canteras	137
Figura 102: Relación humedad densidad de mezcla de dos canteras	140
Figura 103: CBR al 95% de muestra de dos canteras	141
Figura 104: Expansión de muestras tratada con dos canteras	142
Figura 105: % de aceite sulfonado vs límite líquido.....	142
Figura 106: % de aceite sulfonado vs índice de plasticidad.....	143
Figura 107: % de aditivo aceite sulfonado vs densidad seca máxima.....	147
Figura 108: % de aditivo aceite sulfonado vs contenido de humedad Óptimo	147
Figura 109: % aceite sulfonado vs CBR	152
Figura 110: % aceite sulfonado vs expansión	153
Figura 111: % de cloruro de calcio vs límite líquido	158
Figura 112: % de cloruro de calcio vs índice de plasticidad.....	158
Figura 113: % de cloruro de calcio vs densidad seca máxima.....	162
Figura 114: % de cloruro de calcio vs contenido de humedad Óptima.....	162
Figura 115: % cloruro de calcio vs CBR	167



Figura 116: % cloruro de calcio vs expansión	167
Figura 117: Circulo de Mohr muestra no tratada	172
Figura 118: Circulo de Mohr muestra tratada con cloruro de calcio 0.5%	172
Figura 119: Circulo de Mohr muestra tratada con cloruro de calcio 1.0%	173
Figura 120: Circulo de Mohr muestra tratada con cloruro de calcio 1.5%	173
Figura 121: Circulo de Mohr muestra tratada con aceite sulfonado 0.15%	173
Figura 122: Circulo de Mohr muestra tratada con aceite sulfonado 0.30%	173
Figura 123: Circulo de Mohr muestra tratada con aceite sulfonado 0.50%	174
Figura 124: % de cloruro de calcio vs resistencia última.....	175
Figura 125: % de aceite sulfonado vs resistencia última	177
Figura 126: Circulo de Mohr muestra no tratada	180
Figura 127: Circulo de Mohr muestra tratada con cloruro de calcio 0.5%	180
Figura 128: Circulo de Mohr muestra tratada con cloruro de calcio 1.0%	181
Figura 129: Circulo de Mohr muestra tratada con cloruro de calcio 1.5%	181
Figura 130: Circulo de Mohr muestra tratada con aceite sulfonado 0.15%	182
Figura 131: Circulo de Mohr muestra tratada con aceite sulfonado 0.30%	182
Figura 132: Circulo de Mohr muestra tratada con aceite sulfonado 0.50%	183
Figura 133: % cloruro de calcio vs cohesión	183
Figura 134: % cloruro de calcio vs ángulo de fricción	184
Figura 135: % aceite sulfonda vs cohesión.....	188
Figura 136: % aceite sulfonado vs ángulo de fricción	189



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tamaños de la serie de tamices estándar ASTM D 421	29
Tabla 2: Carga unitaria para deformación de 0.1”, 0.2”	34
Tabla 3: Tabla para selección de agregado para abrasión	34
Tabla 4: Promedio mensual de temperatura mínima en la estación Pisacoma	41
Tabla 5: Promedio mensual de temperatura mínima en la estación Desaguadero.....	41
Tabla 6: Coordenadas de la cantera Chipana	48
Tabla 7: Coordenadas de cantera Challacollo	49
Tabla 8: Actividades para el estudio preliminar	49
Tabla 9: Estudio definitivo, granulometría.....	50
Tabla 10: Estudio definitivo, contenido de humedad	50
Tabla 11: Estudio definitivo, límites de consistencia	50
Tabla 12: Estudio definitivo, Proctor modificado	50
Tabla 13: Estudio definitivo, CBR	51
Tabla 14: Estudio definitivo, abrasión	51
Tabla 15: Estudio definitivo, compresión simple.....	51
Tabla 16: Estudio definitivo, triaxial.....	51
Tabla 17: Análisis de resultados e informe final de actividades	52
Tabla 18: Grupo control para cantera Challacollo	54
Tabla 19: Grupo control para cantera Chipana.....	55
Tabla 20: Grupo experimental a cantera Chipana con aditivo cloruro de calcio.....	55
Tabla 21: Grupo experimental a cantera Chipana con aditivo aceite sulfonado.....	55
Tabla 22: Grupo experimental a mezcla de dos canteras	56
Tabla 23: Número de muestras para la ejecución de los ensayos.....	56
Tabla 24: Número de muestras por ensayo	57
Tabla 25: Valor de coeficiente de correlación de Pearson e interpretación.....	58
Tabla 26: Valor de coeficiente de correlación de Spearman e interpretación	59
Tabla 27: Identificación de hipótesis.....	60
Tabla 28: Valores críticos de distribución t para Pearson	61
Tabla 29: Valores de α para correlación de Spearman	62
Tabla 30: Datos de L.L. en laboratorio	91
Tabla 31: Resumen de resultados de L.L.	93
Tabla 32: Dato para el cálculo de humedad para 25 golpes del L.L.....	93
Tabla 33: Datos de L.P. en laboratorio.....	94
Tabla 34: Datos del molde y muestra para Proctor modificado	97
Tabla 35: Datos de contenido de humedad para Proctor modificado	98
Tabla 36: Operacionalización de las variables de acuerdo al reglamento	121
Tabla 37: Operacionalización de las variables de acuerdo al grupo control	121
Tabla 38: Características de la granulometría de cantera Chipana.....	123
Tabla 39: Características para la clasificación AASTHO cantera Chipana.....	123



Tabla 40: Características para la clasificación SUCS cantera Chipana.....	124
Tabla 41: Resultados de CBR cantera Chipana.....	126
Tabla 42: Resultados de expansión cantera Chipana.....	127
Tabla 43: Datos de abrasión cantera Chipana	127
Tabla 44: Resultados de abrasión cantera Chipana	128
Tabla 45: Características de la granulometría de cantera Challacollo.....	129
Tabla 46: Características para clasificación AASTHO cantera Challacollo	129
Tabla 47: Características para la clasificación SUCS cantera Challacollo.....	130
Tabla 48: Datos para abrasión cantera Challacollo	130
Tabla 49: Resultados de abrasión cantera Challacollo	130
Tabla 50: Límites de consistencia de muestra tratada con aceite sulfonado	131
Tabla 51: Proctor modificado de muestra tratada con aceite sulfonado	132
Tabla 52: Resultados de CBR de muestra tratada con aceite sulfonado.....	133
Tabla 53: Límites de consistencia de muestra tratada con cloruro de calcio.....	134
Tabla 54: Resultados de Próctor modificado de muestra tratada con cloruro de calcio	135
Tabla 55: Resultados de CBR de muestra tratada con cloruro de calcio	136
Tabla 56: Características de la granulometría de mezcla de dos canteras	138
Tabla 57: Para clasificación AASHTO muestra de mezcla de dos canteras.....	138
Tabla 58: Características para clasificación SUCS muestra mezcla de dos canteras	139
Tabla 59: CBR de mezcla de dos canteras	140
Tabla 60: Expansión de mezcla de dos canteras	141
Tabla 61: Valores para la correlación límites de consistencia.....	142
Tabla 62: % de aceite sulfonado vs límite líquido	143
Tabla 63: % de aceite sulfonado vs índice de plasticidad	145
Tabla 64: Valores para la correlación de Proctor modificado	147
Tabla 65: % de aceite sulfonado vs densidad seca máxima	148
Tabla 66: % de aceite sulfonado vs contenido de humedad Óptimo	150
Tabla 67: % de aceite sulfonado vs datos de ensayo de CBR	152
Tabla 68: % de aceite sulfonado vs CBR	153
Tabla 69: % de aceite sulfonado vs Expansión	155
Tabla 70: % de cloruro de calcio vs límites de consistencia	157
Tabla 71: % de cloruro de calcio vs límite líquido.....	158
Tabla 72: % de aceite sulfonado vs índice de plasticidad	160
Tabla 73: % cloruro de calcio vs Proctor modificado	162
Tabla 74: % de cloruro de calcio vs densidad seca máxima.....	163
Tabla 75: % cloruro de calcio vs contenido de humedad Óptimo	165
Tabla 76: % cloruro de calcio vs datos de CBR.....	167
Tabla 77: % cloruro de calcio vs CBR	168
Tabla 78: % cloruro de calcio vs expansión.....	170
Tabla 79: % cloruro de calcio vs datos de compresión simple.....	174



Tabla 80: % cloruro de calcio vs resistencia última	175
Tabla 81: % aceite sulfonado vs datos de compresión simple.....	177
Tabla 82: % aceite sulfonado vs resistencia última	178
Tabla 83: % cloruro de calcio vs datos de triaxial.....	183
Tabla 84: % cloruro de calcio vs cohesión	184
Tabla 85: % cloruro de calcio vs ángulo fricción.....	186
Tabla 86: % aceite sulfonado vs datos de triaxial	188
Tabla 87: % aceite sulfonado vs cohesión.....	189
Tabla 88: % aceite sulfonado vs ángulo de fricción.....	191
Tabla 89: Cuantificación de aceite sulfonado en 1m3.....	194
Tabla 90: Cuantificación de cloruro de calcio en 1 m3	194
Tabla 91: Cuantificación de agregado de canteras en 1 m3	195
Tabla 92: Porcentaje de canteras en 1 m3	195
Tabla 93: Recurso mano de obra.....	196
Tabla 94: Recursos materiales.....	196
Tabla 95: Recursos equipo y maquinarias.....	197
Tabla 96: Valorización de base granular tratada con aceite sulfonado.....	197
Tabla 97: Valorización de base granular tratada con cloruro de calcio	197
Tabla 98: Valorización de base granular tratada con dos canteras	198
Tabla 99: Valorización de base granular según expediente técnico	198



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

UNA	: Universidad Nacional del Altiplano
CBR	: California Bearing Ratio
MTC	: Ministerios de Transportes y Comunicaciones
NTP	: Norma Técnica Peruana
AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials
SUCS	: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
IG	: Índice de grupo
LL	: Límite Líquido
LP	: Límite Plástico
ASTM	: American Society for Testing Materials
EM 2000	: Manual de Ensayo de Materiales
GC	: Grupo de control
GE	: Grupo experimental
DSM	: Densidad seca máxima
CHO	: Contenido de humedad óptimo
UU	: No consolidado - No drenado
CaCl₂	: cloruro de calcio
OEM	: Oficina de Equipo Mecánico



RESUMEN

Para las canteras de agregado la norma peruana EG-2013 exige los requerimientos, mínimos, para la construcción de una base granular, para el cumplimiento de dichos requerimientos se aplicó las dosificaciones de los aditivos aceite sulfonado en 0.15, 0.30, 0.50% y cloruro de calcio en 0.50, 1.00, 1.50% en peso con respecto al peso seco de la muestra. El objetivo de la presente tesis es analizar la influencia a las propiedades físico-mecánicas del agregado, la resistencia al congelamiento demostrado por el ensayo de compresión simple de muestras tratadas y congeladas, y la incidencia del costo de aplicación con respecto a una base tradicional. Por lo que se espera tener una influencia positiva en las propiedades físico-mecánicas del material, una mejor resistencia al congelamiento de las muestras tratadas, y que el costo de aplicación de los aditivos sea menor con respecto a una base tradicional. Los resultados con respecto a muestra no tratada, del aceite sulfonado al 0.15%: reducción del índice de plasticidad en un 3.60%, incremento en la densidad seca máxima en 0.04 gr/cm^3 , disminución en el contenido de humedad en un 0.44%, incremento en el CBR en un 28.73%, disminución en la cohesión en 0.32 kg/cm^2 , aumento en el ángulo de fricción en 11.57° , y disminución de resistencia a congelamiento evaluado por compresión simple en 2.92 kg/cm^2 . De la muestra tratada con cloruro de calcio al 0.50%: reducción del índice de plasticidad en un 2.20 %, incremento en la densidad seca máxima en 0.03 gr/cm^3 , disminución en el contenido de humedad en un 0.29%, incremento en el CBR en un 28.20%, disminución en la cohesión en 0.22 kg/cm^2 , aumento en el ángulo de fricción en 7.93° , disminución de resistencia a congelamiento evaluado por compresión simple en 2.21 kg/cm^2 . El costo de aplicación del aditivo aceite sulfonado es de s/. 773.92 con respecto a una base tradicional.

Palabras Clave: Cloruro de calcio, aceite sulfonado, base granular, costo de aplicación, congelamiento de suelos.



ABSTRACT

For aggregate quarries, the Peruvian standard EG-2013 requires the minimum requirements for the construction of a granular base, for the fulfillment of these requirements, the dosages of the sulfonated oil additives were applied in 0.15, 0.30, 0.50% and chloride of calcium at 0.50, 1.00, 1.50% by weight with respect to the dry weight of the sample. The goal of this thesis is to analyze the influence of the physical-mechanical aggregate, properties resistance to freezing demonstrated by testing simple compression of treated samples and frozen, and the incidence of the cost of implementation with respect to a traditional base. Therefore, it is expected to have a positive influence on the physical-mechanical properties of the material, a better resistance to freezing of the treated samples, and that the cost of applying the additives is lower compared to a traditional base. The results with respect to the untreated sample, of the 0.15% sulfonated oil: reduction of the plasticity index by 3.60%, increase in the maximum dry density by $0.04\text{gr}/\text{cm}^3$, decrease in the moisture content in a 0.44%, increase in CBR by 28.73%, decrease in cohesion by $0.32\text{ kg}/\text{cm}^2$, increase in friction angle by 11.57° , and decrease in resistance to freezing evaluated by simple compression at $2.92\text{ kg}/\text{cm}^2$. From the sample treated with calcium chloride at 0.50%: reduction of the plasticity index by 2.20%, increase in maximum dry density by $0.03\text{ gr}/\text{cm}^3$, decrease in moisture content by 0.29%, increase in CBR by 28.20%, decrease in cohesion by $0.22\text{ kg}/\text{cm}^2$, increase in friction angle by 7.93° , decrease in resistance to freezing evaluated by simple compression in $2.21\text{ kg}/\text{cm}^2$. The cost of applying the sulfonated oil additive is s / 773.92 with respect to a traditional base.

Keywords: Calcium chloride, sulfonated oil, granular base, cost of application, freezing of soils.



CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La mala calidad de los agregados que presentan las canteras de material granular, principalmente, cuando no cumplen con los requisitos establecidos por la norma, donde dichos requisitos son necesarios para la conformación de una base granular como son la granulometría, el CBR, y en esencial la consistencia de los suelos para así evitar las fallas que se presentan como son: acolchonamiento por la falta de la capacidad de soporte de suelo, la deformación (huellas y hundimientos), erosión por el desprendimiento de las partículas y estas a su vez con el tiempo producen baches (huecos), encalaminado.

Por otra parte, los usuarios y/o beneficiarios de la carretera afirmada, indican, que en ocasiones se tiene la presencia de vehículos pesados de alto tonelaje los cuales provocan un mayor desgaste, deformaciones o hundimientos, es por eso la necesidad de construir una carpeta de base granular para que pueda tener esa capacidad de soporte y disminuir el desgaste de la superficie de rodadura.

Este es el motivo que presenta esta investigación que trata sobre el uso de aditivos aceite sulfonado y cloruro de calcio para mejorar las propiedades físico-mecánicas del material a utilizar llegando a lo requerido por las normas y viendo como una solución económica, de proceso constructivo fácil.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema general

¿Cómo influye el uso de aceite sulfonado y cloruro de calcio en la conformación de base granular a estado de congelamiento de las carreteras afirmadas?



1.2.2. Problemas específicos

1. ¿De qué manera influye el uso de aceite sulfonado y cloruro de calcio en las propiedades físico-mecánicas del material para la conformación de base granular en la carretera afirmada Kelluyo - Yorohoco?
2. ¿Cuál es la resistencia al congelamiento demostrado por el ensayo compresión simple de muestras tratadas con aceite sulfonado y cloruro de calcio por las bajas temperaturas que presenta la carretera afirmada?
3. ¿Qué incidencia de costo se tiene en la construcción de base utilizando aditivos como aceite sulfonado y cloruro de calcio con respecto a una base tradicional?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

El uso de aditivos como aceite sulfonado y cloruro de calcio influye, positivamente, en la conformación de base granular a estado de congelamiento de las carreteras afirmadas.

1.3.2. Hipótesis específicas

1. El uso de aceite sulfonado y cloruro de calcio influye, positivamente, las propiedades físico-mecánicas del material para la conformación de una base granular en la carretera afirmada Kelluyo – Yorohoco.
2. La resistencia a congelamiento demostrado por el ensayo compresión simple de muestras tratadas con aceite sulfonado y cloruro de calcio por las bajas temperaturas que presenta la carretera afirma.
3. El costo de construcción de base utilizando los aditivos como aceite sulfonado y cloruro de calcio, es menor con respecto a una base tradicional.



1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En la actualidad el tema de la estabilización química tiende a ser más económica, de fácil proceso constructivo y duradera, y es por eso que el uso de los aditivos como son: el aceite sulfonado y cloruro de calcio para la conformación de base granular permite obtener una mejora en las propiedades físico-mecánicas, las cuales están sometidos a congelamiento respecto a las heladas que se presentan en el lugar.

La aplicación de los aditivos como el aceite sulfonado y cloruro de calcio, permite una mayor resistencia a las heladas debido a que dichos aditivos son derivados del petróleo; donde en estudios anteriores estos son evaluadas por el ensayo de compresión simple.

Al ser fácil el proceso constructivo, el tiempo de ejecución de los proyectos que hacen el uso de los aditivos aceite sulfonado y cloruro de calcio es menor a diferencia de los proyectos tradicionales que requieren más actividades para llegar a un fin. Y en los mejores casos estos tienden a ser económicos.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo general

Analizar la influencia del uso de los aditivos: aceite sulfonado y cloruro de calcio en la conformación de una base granular al estado de congelamiento de las carreteras afirmadas.

1.5.2. Objetivos específicos

1. Analizar la influencia del uso de: aceite sulfonado y cloruro de calcio en las propiedades físico - mecánicas del material para la conformación de una base granular en la carretera afirmada Kelluyo – Yorohoco.



2. Determinar la resistencia a congelamiento demostrado por el ensayo compresión simple de muestras tratadas con aceite sulfonado y cloruro de calcio por las bajas temperaturas que presenta la carretera afirma.
3. Determinar el costo de construcción de una base usando los aditivos como son: aceite sulfonado y cloruro de calcio, con respecto a una base tradicional.



CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DEL MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

(Bada, 2016), menciona que el material utilizado en el desarrollo del proyecto: Aplicación del aditivo químico conaid para atenuar la plasticidad del material granular del tramo de la carretera Tauca Bambas (km73+514 – km 132+537) de la ruta nacional PE – 3NA, Trujillo, Perú; “el material utilizado en el desarrollo del proyecto fue realizar un estudio al material granular utilizando un aditivo químico conaid para verificar el nivel de mejoramiento de la sub-base, del terreno, esto es con el fin de dar el cumplimiento al método experimental. Se concluyó que los resultados obtenidos en el aumento del valor soporte relativo y de la resistencia, se confirma una mejoría en los resultados de las pruebas CBR, con un aumento de las pruebas de hasta el 100 % en el material con el aditivo.

Ugaz (2006), menciona que el material utilizado para la conformación de la sub-rasante en el proyecto: para ello se realizaron ensayos de laboratorio y campo, los cuales permitieron determinar sus propiedades físicas, mecánicas y físico-químicas, así como el comportamiento de los suelos después de la aplicación de los aditivos. Determinando con ello el que mejor condición presente para su aplicación en algunas zonas del Perú, ya que la adecuada utilización de los productos consiste en evaluar las condiciones locales de obra donde se piensa utilizar y emplear el más conveniente y no buscar un solo producto que resuelva el problema de la “Estabilización de Suelos para Carreteras” en general.

Gutiérrez (2010), menciona para la conformación de carreteras no pavimentadas en su tesis: Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas Comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio,



Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú; considera como objetivo general, mejorar la resistencia y su capacidad de soporte y concluye que el Cloruro de Calcio se puede utilizar como primera alternativa para la estabilización y habilitación de caminos temporales, ya que cumplen con las expectativas de economía y duración en zonas de la Costa Peruana, así también demostró técnica, económica y ambientalmente que el Cloruro de Magnesio Hexahidratado tiene grandes desventajas frente al Cloruro de Calcio.)

Bonifacio y Sánchez (2015), menciona que la incidencia de la aplicación de los aditivos cloruro de calcio y cloruro de magnesio en su tesis: Estabilización química de carreteras no pavimentadas usando cloruro de magnesio, cloruro de calcio y cemento en la región Lambayeque, Pimentel, Perú; considera como objetivo general, realizar un estudio comparativo técnico y económico para evaluar la estabilidad de las carreteras no pavimentadas usando el cloruro de magnesio, cloruro de calcio y cemento. Se concluye que el agregado proveniente de las canteras cero ESCUTE y CACHINCHE son materiales GP, con índice de plasticidad elevados y por ende es factible la estabilización. Y la incorporación de cloruro de calcio y cloruro de magnesio en porcentajes de 1%, 2% y 3% en peso al agregado pétreo provenientes de las canteras CACHINCHE y 1%, 4% y 6% CERRO ESCUTE dieron resultados no favorables en el CBR respectivamente, brindando un incremento mínimo al suelo sin estabilizar por lo tanto no es apto estabilizar este tipo de material que tiene las canteras en estudio ya que no se llega a lo estipulado por el reglamento que admite un CBR de 40%. Se obtuvieron mejores resultados de CBR con porcentajes de 2% para las estabilizaciones con cloruro de calcio y 4% para el cloruro de magnesio. Se recomienda hacer ensayos con otras sales o agentes químicos que puedan producirse en el Perú y que puedan conformar nuevas alternativas para la estabilización de las carreteras no pavimentadas.



Yucra y Camala (2017), menciona que el material a utilizar en su tesis: Análisis de los de aditivos perma-zyme y cloruro cálcico en la estabilización de la base de la carretera no pavimentada (Desvió Huancané – Chupa)-Puno, Universidad Nacional del Altiplano, Puno- Perú; considera como objetivo general, analizar las propiedades físico-mecánicas del suelo estabilizado con el uso de los aditivos PERMA ZYME y CLORURO CALCICO que conforman la base de la carretera no pavimentada Dv. Huancané – Chupa. El presente proyecto de investigación analiza los parámetros físico-mecánicos y los costos de aplicación usando los aditivos Perma-Zyme y Cloruro Cálcico 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 tomará 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 límite líquido, límite 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 el 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. El cloruro de calcio aumenta significativamente la tensión superficial lo 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 el valor de soporte relativo (CBR) en 26%, pueden ayudar a la compactación ligando las partículas del suelo y reduciendo la fricción entre ellas.



2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. 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).

2.2.1.1. Clasificación de la carretera en estudio

2.2.1.1.1. Clasificación de la carretera según su función

- *Red vial terciaria y local*

Gutiérrez, (2010) menciona que se denomina en el Perú como un SISTEMA VECINAL compuesto por: Caminos troncales vecinales que unen pequeñas poblaciones,



caminos rurales alimentadores, uniendo aldeas y pequeños asentamientos poblaciones (p. 24).

2.2.1.1.2. Clasificación por demanda

- *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 construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar (p.13).

2.2.1.1.3. Clasificación por orografía

- *Terreno plano (tipo I)*

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).

2.2.1.1.4. Clasificación según el tipo de superficie de rodadura

- *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 constituídas por suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo.
- Carreteras gravosas constituídas por una capa de revestimiento con material natural pétreo sin procesar, seleccionado manualmente o por zarandeo, de tamaño máximo de 75 mm.
- Carreteras afirmadas constituídas 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 de 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).

2.2.1.2. Base granular de una carretera

“Capa de material pétreo seleccionado que se construye generalmente sobre la Sub Base, cuyas funciones principales son: proporcionar un apoyo uniforme a la carpeta asfáltica, soportar las cargas que, esta trasmite aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos adecuadamente a la capa inmediatamente inferior, proporcionar a la estructura de pavimento la rigidez necesaria para evitar deformaciones excesivas, drenar



el agua que se pueda infiltrar e impedir el ascenso capilar del agua” (Mendoza & Guadarrama, 2008)

Es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. Regularmente esta capa además de la compactación necesita otro tipo de mejoramiento (estabilización) para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse y además de transmitir las en forma adecuada a las capas inferiores. El valor cementante (Valor Relativo de Soporte) en una base es indispensable para proporcionar una sustentación adecuada a las carpetas asfálticas delgadas. En caso contrario, cuando las bases se construyen con suelos inertes y se comienza a transitar por la carretera, los vehículos provocan deformaciones transversales y longitudinales.

“En el caso de la granulometría, no es estrictamente necesario que los granos tengan una forma semejante a la que marcan las fronteras de las zonas, siendo de mayor importancia que el material tenga un Valor Relativo de Soporte (CBR) y una plasticidad mínima” (Mendoza & Guadarrama, 2008)

2.2.1.2.1. Ensayos realizados sobre el material de base granular

- *Contenido de humedad*

Es el contenido de agua en una porción de suelo seco, y es expresada en % secada al horno a una temperatura de 110 ± 5 °C.

Normativa para la realización del ensayo:

- ASTM D 2216, NTP 339.127, MTC E 108

$$\omega = \frac{W_w}{W_s}$$

- *Granulometría*

Este ensayo, indica, la distribución de las partículas por tamaños de un suelo, graficándose así la curva granulométrica por tamizado. Los tamices que se emplean se acoplan de manera que van disminuyendo sus aberturas de arriba hacia abajo, colocándose así la muestra en la parte superior y se somete el conjunto de tamices a la acción de un agitador mecánico o de manera manual.

Normativa para la realización del ensayo:

- ASTM D 422, AASHTO T 88, MTC E 107, NTP 339.128

Tabla 1: Tamaños de la serie de tamices estándar ASTM D 421

Tamiz	Abertura de mallas (mm)	Tamiz	Abertura de mallas (mm)
3"	76.2	N° 4	4.76
2 ½"	63.5	N° 8	2.38
2"	50.8	N° 10	2
1 ½"	38.1	N° 20	0.84
1"	25.4	N° 40	0.426
¾"	19.05	N° 80	0.177
½"	12.7	N° 100	0.149
3/8"	9.525	N° 200	0.074
¼"	6.35	BASE	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Son de interés los siguientes parámetros:

- Diámetro eficaz (D10): abertura del tamiz por la que pasa el 10% de partículas del suelo. Juega un importante papel en el valor de la conductividad hidráulica del suelo.
- Coeficiente de uniformidad: determina la uniformidad del suelo. Un suelo con $C_u \leq 2$ se considera uniforme, mientras que un valor de $C_u \geq 10$ indica que se trata de un suelo de una granulometría muy diversa.

Siendo D60 la abertura del tamiz por la que pasa el 60% de las partículas del suelo.



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

- Coeficiente de concavidad: proporciona información sobre si el suelo está bien o mal graduado. Un suelo bien graduado tiene proporciones equilibradas de arena, limo y arcilla. Si hay tamaños de partícula no presentes estará mal graduado. Un valor cercano a uno indica que el suelo está bien graduado, mientras que valores mucho menores o muchos mayores indican suelos con una granulometría muy diversa. En general los suelos bien graduados se compactan mejor y pueden adquirir permeabilidad y deformabilidad más bajas.

Siendo D_{30} la apertura del tamiz por la que pasa el 30% de las partículas del suelo.

$$C_C = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

- *Límites de consistencia*

Los límites de consistencia dan información sobre el estado de consistencia de las partículas del suelo. El parámetro que regula el estado de consistencia de los suelos es el contenido de humedad, y a medida que disminuye este puede pasar por los estados líquido y plástico, estableciéndose así entre ellos el límite líquido y plástico.

Para la determinación de los límites de consistencia se utiliza solamente la porción de suelo que pasa por el tamiz de 0.40 mm de diámetro (N°40 ASTM).

Límite líquido: se realiza con el ensayo de la cuchara de casa grande. En el fondo de la cuchara mecánica se coloca una porción de suelo amasado a una cierta humedad formando un casquete esférico que luego se divide en dos partes iguales con un acanalador normalizado, formando un surco. Luego se agita la cuchara a razón de dos golpes por segundo, hasta que el borde de cada uno de los surcos en el fondo de la cuchara



se una, de ahí se cuentan el número de golpes para diferentes contenidos de humedad. El resultado es el contenido de humedad que corresponde a 25 golpes, ese es el límite líquido.

Límite plástico: este ensayo corresponde a la menor humedad de un suelo que permita realizar con los pequeños cilindros de, aproximadamente, 3mm de diámetro.

Índice de plasticidad: es otro parámetro importante que consiste en la diferencia entre el límite líquido y plástico e indica el intervalo de humedades entre los cuales el suelo se comporta como un material plástico, es decir mide la plasticidad de un suelo.

$$IP = LL - LP$$

Cuando se tiene un límite líquido alto, esto indica que el suelo es altamente elástico, lo que significa que tiene una probabilidad de alto hinchamiento o expansión.

La plasticidad se correlaciona con otras propiedades del suelo como son la cohesión, la permeabilidad, el entumecimiento o la compresibilidad. No interesa que el material tenga este parámetro, porque al aplicar una carga al material este se deforma.

Por lo que es recomendable que el material tenga un comportamiento elástico con deformaciones recuperables, por lo que conviene que el índice de plasticidad sea pequeño.

Normativa para la realización del ensayo:

- ASTM D 4318 LL y LP
- AASHTO T89 LL
- AASHTO T90 LP
- MTC E 100 LL
- MTC E 111 LP
- NTP 339.129

- *Proctor modificado*

Contenido de humedad: cuando aumenta el contenido de humedad a una determinada energía de compactación, la densidad húmeda aumenta hasta cierto punto ya que el % de agua que tiene la muestra actúa como lubricante entre las partículas, el cual al seguir incrementando en contenido de agua este desplaza los vacíos y como este es incompresible empieza a desplazar las partículas de suelo, incrementando así el volumen de agua y disminuyendo la densidad húmeda.

Para cada tipo de suelo existe un contenido de humedad que proporciona una densidad seca máxima, a este se le llama contenido de humedad óptimo, y con este resultado se debe trabajar al compactar en una obra.

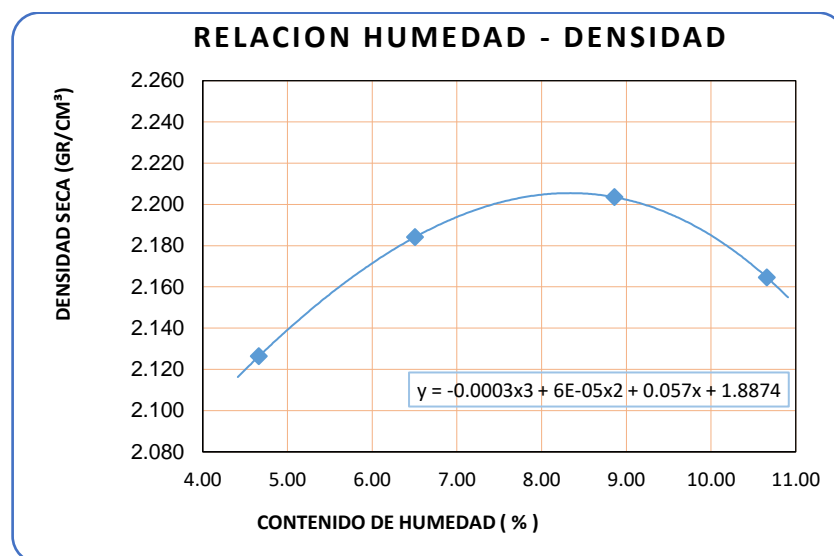


Figura 1: Curva de compactación

Energía y método de compactación empleado: el método Proctor a utilizar corresponde de acuerdo a la granulometría que se obtiene, para el tipo de suelo que se tiene, se utiliza en ensayo de Proctor modificado método C.

Lo que corresponde a una aplicación de energía dinámica o por impacto con un peso de martillo de 44.5 N, a una altura de 457.2mm y 56 golpes que es lo máximo que puede soportar un suelo.



En obra esta acción corresponde a la compactación que realizan los rodillos lisos vibratorios autopropulsados en donde normalmente se tiene con 10 toneladas de capacidad y a 10 ciclos de compactación.

Normativa para la realización del ensayo:

- NTP 339.141
 - AASHTO T-180 – 70
 - ASTM D 1557 – 70
 - MTC E 115 - 2000
- *CBR*

El ensayo de CBR denominado la relación de soporte de california, mide la resistencia al corte de un suelo condiciones de contenido de humedad óptimo y densidad seca máxima debidamente controladas, dato que es obtenido del ensayo de Proctor modificado.

El número CBR se obtiene como la relación de carga de la carga unitaria (sea cuál sea la unidad de medida) necesaria para, lograr una cierta profundidad de penetración del pistón (que tiene un área de 19.4 cm²) dentro de la muestra a condiciones dadas en ensayo de Proctor modificado con respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado.

$$CBR = \frac{Carga\ unitaria\ del\ ensayo}{Carga\ unitaria\ patron} \times 100\%$$

De aquí se puede apreciar que el número CBR es un porcentaje de la carga unitaria patrón, y se basa en la relación de carga que corresponde a una penetración de 2.54mm (0.1 pulg.) y 5.09mm (0.2 pulg.). Sin embargo, si el valor de CBR para una penetración de 5.09 mm es mayor en ensayo se debe de repetir, y cuando el valor de CBR aún es mayor, este valor debe aceptarse como valor final del ensayo.



Tabla 2: Carga unitaria para deformación de 0.1", 0.2"

Penetración		Carga Unitaria	
MM	Pulgadas	Mpa	Psi
2.50	0.10	6.90	1000
5.00	0.20	10.30	1500
7.50	0.30	13.00	1900
10.00	0.40	16.00	2300
12.70	0.50	18.00	2600

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Normativa para la realización del ensayo:

- ASTM D 1883
- AASHTO T 193
- Abrasión de los ángeles

De acuerdo a la granulometría obtenida y de acuerdo al tamaño máximo, consultar las tablas para ver la graduación del material y elegir el número de esferas (carga abrasiva) y el peso de la muestra.

Tabla 3: Tabla para selección de agregado para abrasión

Que pasa		Retenido	
Mm	in	mm	In
38,1	1 ½	25,4	1
25,4	1	19,0	¾
19,0	¾	12,7	½
12,7	½	9,5	3/8

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Colocar la muestra a probar y la carga abrasiva en la máquina y accionar la máquina para que gire a 500 revoluciones.

El material que se retuvo de la malla N° 12, hay que lavarlo para quitarle los finos adheridos a las partículas, una vez lavado el material, colocarlo en el horno durante 24 horas hasta que se seque, a una temperatura de 110°C y se pesa con una aproximación de 1 gramo.



Expresar la diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra que prueba como un porcentaje del peso original. Repórtese este valor como el porcentaje de pérdida por abrasión.

2.2.2. Estabilización de suelos

Es el proceso en el cual los suelos naturales se someten a cierta manipulación o tratamiento de modo que podamos aprovechar mejor sus cualidades mejorando las propiedades tanto físicas como mecánicas, obteniéndose así una capa uniforme estable y durable, capaz de soportar los efectos de tránsito y condiciones climáticas más severas.

También, se podría decir que es la corrección de una deficiencia o propiedad del suelo para darle una mayor resistencia al terreno, disminuir su índice de plasticidad, lo cual se puede lograr de tres maneras: la estabilización física, química y mecánica.

El objetivo de la estabilización de suelos es mejorar las siguientes propiedades:

- Resistencia: el aumento de la resistencia aumenta la estabilidad y la capacidad de carga en la estructura de la vía.
- Estabilidad de volumen: controla el hinchamiento-colapso causados por la humedad en materiales con alto contenido de arcilla.
- Durabilidad: a una mayor durabilidad se tiene un incremento a la resistencia, a la erosión tanto causado de forma natural (cambios climáticos) y de manera causal (tráfico de vehículos livianos y pesados).
- Permeabilidad: con la reducción de la permeabilidad se evita que la estructura de la vía entre en contacto con el agua, mejorando así la estabilidad volumétrica.

2.2.2.1. Estabilización física

Se usa para mejorar el material a utilizar para la conformación de base produciendo cambios en las propiedades físicas. Para ello se tiene el método:



Mezcla de suelos: este método es de amplio uso, pero por si solo no logra producir los efectos deseados, por lo que es necesario la compactación por completo.

Por ejemplo, los suelos de grano grueso como las gravas-arenas tienen una alta fricción interna lo cual permite soportar grandes esfuerzos, pero al no tener cohesión en sus partículas estas se mueven libremente y con el paso de los vehículos se pueden separar o erosionar y esto hace que sea inestable como estructura de la vía en un carretera no pavimentada, ya que este tipo de carreteras se caracterizan por no tener un tratamiento superficial sobre la superficie de rodadura como son la imprimación o algún otro tipo de curado de la superficie de rodadura.

En cambio, las arcillas, tienen una gran cohesión y muy poca fricción, por ello con el adecuado control de humedad se tiene una estabilidad de la estructura.

La mezcla adecuada de estos tipos de suelos puede dar como resultado un material estable ganando una mayor fricción y cohesión entre las partículas.

2.2.2.2. Estabilización química

(Ravines Merino, 2010) nos dice:

Se logra por la adición de agentes estabilizantes químicos específicos; adicionando comúnmente 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.

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; generando una alteración en la naturaleza del sistema agua-arcilla, lo cual se tendrá como resultado una baja en la plasticidad; posibles cambios de volumen; formación de uniones cementantes y por último se mejorará la resistencia, aumentándola.

2.2.2.2.1. Cloruro de calcio

El (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de carreteras: Suelos, 2014) indica que:

“la dosificación es de 1% - 2% de cloruro de calcio en peso respecto del suelo seco. El mezclado, compactación y terminación son similares a los de la estabilización con cloruro de sodio; generalmente se aplica disuelto en agua mediante riego al comienzo de la temporada seca”.

Debido a que las normas están elaboradas con un factor de seguridad es que la dosificación se realizara en un porcentaje de 0.5%, 1.0% y 1.5%. En estudios anteriores la aplicación de 1.0% tienden a ser no económicos.

Con la adicción de cloruro de calcio se encontró un incremento aproximado de 2% en la densidad seca máxima en suelos granulares. Así también se tiene que el cloruro de calcio por ser un agente estabilizador higroscópico ayuda a mantener la humedad y si las condiciones de humedad en el ambiente de trabajo son altas estas permiten absorber agua hasta 10 veces su propio peso logrando de esta manera evitar la evaporación, lo que permite mantener dicha humedad en sus dos terceras partes durante un día de calor seco y evitar la formación de polvo en terracerías.

Especificaciones del producto

- Producto comercial en nuestro medio: cloruro de calcio escamas 77% - técnico
- Distribuido por INDIQSA
- Propiedades: considerando la temperatura del ambiente.
 - ❖ Estado físico: solido en escamas.



- ❖ Color: blanco
 - ❖ Peso molecular: 11.0 g/mol.
 - ❖ Pureza %: 77.00 %
 - ❖ Solubilidad: miscible.
- Presentación: 1 lbs de 1 kg, 5 kg y 25 kg.
 - Rendimiento: 0.5% a 1.0% del suelo suelto seco.
 - Precio: s/. 10.00 por kilogramo (con IGV)
 - Garantía: certificado que se adjunta y documentación de compra.

2.2.2.2.2. Aceite sulfonado

Para realizar un comparativo y económicamente viable con el aditivo aceite sulfonado la dosificación se realizará a 0.15%, 0.30%, 0.50% en peso de suelo seco.

El aceite sulfonado es un derivado de la fracción naftaleno del petróleo, el cual es un líquido de color pardo, cuya gravedad específica es de 1.15, su pH de 1.25, es menos viscoso que el agua y es miscible en ella. Se caracteriza por ser una sustancia con elevado potencial de intercambio iónico, primero con el agua de dilución para luego intercambiar las cargas H^+ y $(OH)^-$.

Especificaciones del producto

- Producto comercial en nuestro medio: aceite sulfonado
- Distribuido por INDIQSA
- Propiedades: considerando la temperatura del ambiente.
 - ❖ Estado físico: líquido viscoso de coloración parda
 - ❖ Color: pardo
 - ❖ Solubilidad: miscible.
- Presentación: 1 kg, 5 kg y 25 kg.
- Rendimiento: 0.15% a 0.5% del suelo suelto seco.
- Precio: s/. 16.00 por kg (con IGV)
- Garantía: certificado que se adjunta y documentación de compra.



2.2.3. Congelamiento de suelos

El (Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de carreteras: Suelos, 2014) indica que:

“En zonas sobre los 4,000 msnm, se evaluará la acción de las heladas en los suelos. En general, la acción de congelamiento está asociada con la profundidad de la napa freática y la susceptibilidad del suelo al congelamiento. Sí la profundidad de la napa freática es mayor a la indicada anteriormente (1.20 m), la acción de congelamiento no llegará a la capa superior de la sub-rasante. En el caso de presentarse en la capa superior de la sub-rasante (últimos 0.60 m) suelos susceptibles al congelamiento, se reemplazará este suelo en el espesor comprometido o se levantará la rasante con un relleno granular adecuado, hasta el nivel necesario. [...] En general, son suelos no susceptibles los que contienen menos del 3% de su peso de un material de tamaño inferior a 0.02 mm”.

Lo cual indica, la importancia de un estudio de congelamiento por las heladas en las zonas altas, como por ejemplo en algunas provincias de la región de Puno ubicadas en zonas mayores a 4000 msnm.

En la zona de estudio que es el distrito de Kelluyo – Huacullani el congelamiento que presenta es de forma natural donde la temperatura ambiente se mantiene por un período largo bajo 0°C. en donde el agua en el suelo se va transformado en hielo cada vez a mayor profundidad donde esta característica produce un aumento de volumen del agua al convertirse en hielo, y durante la época de deshielo se produce un fenómeno contrario que es la contracción del suelo ocasionando así un ablandamiento del suelo, y pérdida de la capacidad de soporte.

Estos procesos de hielo y deshielo ocasionan graves daños en todo tipo de obras como, por ejemplo, en una base granular donde la profundidad del nivel freático se



encuentra a menos de 1.20m de profundidad a partir de dicha cuota de la base granular como, indica, la norma MTC, o en edificaciones con profundidad de cimentación inadecuadas.

2.2.3.1. 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; temporadas en las que 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.

2.2.3.2. Temperaturas mínimas

Del análisis de las temperaturas mínimas se observa que dentro del promedio multianual de temperaturas más bajas se presentan en zonas elevadas y más alejadas del Lago Titicaca, tal es así que, en las estaciones de Desaguadero y Pisacoma las temperaturas mínimas en el mes de invierno varían entre el -6.4 ° C y el -7.9 ° C, respectivamente.

El Distrito de Huacullani no tiene estación por lo tanto estamos considerando el promedio de las estaciones de Desaguadero y Pisacoma ya que el estudio se realiza dentro de estos, lo cual se tiene un promedio de temperatura mínima de - 7.15°C datos obtenidos del “*Senamhi órgano oficial y rector del sistema hidrometeorológico nacional al servicio del desarrollo socio económico del país*” comprendida del 2008 al 2018.

Ubicación de la estación meteorológica de Pisacoma:



- Latitud : 16°54`25.3``
- Longitud : 69°22`06.8``
- Altitud : 3930 m.s.n.m.

Ubicación de la estación meteorológica de Desaguadero:

- Latitud : 16°33`48.06``
- Longitud : 69°02`19.8``
- Altitud : 3860 m.s.n.m.

Donde los datos registrados de las estaciones se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 4: Promedio mensual de temperatura mínima en la estación Pisacoma.

AÑOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2008	3.3	1.5	1.5	-2.4	-7.5	-7.9	-6.9	-5.0	-3.4	-0.8	0.2	0.7
2009	2.5	1.8	1.3	-0.8	-4.5	-7.6	-5.1	-6.7	-4.0	-2.7	0.0	0.5
2010	0.8	0.8	1.6	-0.8	-2.8	-4.9	-7.9	-4.6	-3.1	-1.1	-1.2	4.3
2011	3.0	4.7	2.9	-0.6	-3.1	-4.7	5.3	-5.3	-3.9	-2.4	-2.5	1.8
2012	4.0	3.9	2.4	1.2	-4.6	-6.3	-6.4	-5.3	-2.5	-0.1	2.2	4.3
2013	3.5	3.8	1.4	-2.0	-1.9	-4.4	-4.3	-4.5	-4.7	-0.3	1.3	3.7
2014	4.0	3.1	0.9	-0.5	-4.3	-6.5	-6.6	-3.7	-0.3	1.2	1.2	3.4
2015	3.2	3.6	3.6	2.5	-4.3	-5.2	-6.0	-3.9	-4.0	-0.1	-0.2	1.3
2016	3.1	5.2	2.2	0.6	-5.1	-7.0	-4.3	-3.9	-2.2	0.1	0.0	2.9
2017	4.8	3.8	4.2	-0.1	-2.6	-4.7	-5.4	-5.3	-1.1	-0.7	1.6	2.9
2018	4.2	3.8	3.6	-0.6	-4.2	-3.4	-3.3	-4.3	-4.3	1.7	2.6	2.5

Fuente: Senamhi Puno-Peru, dirección zonal 13

Tabla 5: Promedio mensual de temperatura mínima en la estación Desaguadero.

AÑOS	ENER.	FEB.	MAR.	ABRL.	MAY.	JUN.	JUL.	AGOT.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2008	5.5	4.6	4.8	2.0	-2.9	-3.4	-4.7	-4.0	-1.3	2.6	4.0	5.0
2009	5.2	5.5	4.9	2.9	-1.2	-6.4	-3.5	-5.0	-0.7	1.6	5.4	5.8
2010	6.6	6.8	6.2	2.9	-0.1	-1.2	-4.4	-2.8	0.2	2.3	1.2	5.4
2011	5.4	5.9	5.4	3.3	0.3	-4.1	-2.4	-1.3	1.5	1.4	3.7	5.2
2012	5.4	5.5	5.7	4.4	-0.3	-2.1	-2.6	-1.9	1.7	3.2	4.8	6.2
2013	5.4	6.1	5.1	1.8	1.7	-1.1	-0.3	-1.4	-0.2	2.5	4.1	5.8
2014	5.8	6.0	4.9	3.9	-0.3	-2.3	-2.5	-0.1	3.0	3.6	4.0	5.4
2015	4.8	5.9	6.0	4.9	0.1	-1.7	-2.9	-0.5	1.6	2.8	4.4	5.1
2016	9.0	6.6	5.7	3.4	-1.4	-3.4	-2.0	-2.5	0.0	2.8	2.7	4.8
2017	5.3	5.4	5.6	3.7	0.8	-2.2	-3.5	-2.9	2.0	2.2	3.5	5.2
2018	5.4	5.5	5.6	2.8	-1.8	-1.1	-1.1	-1.2	-1.0	4.5	4.6	4.6

Fuente: Senamhi Puno-Perú, dirección zonal 13



2.2.3.3. Propiedades mecánicas y propuestas para su evaluación.

El suelo en estado congelado se comporta mecánicamente como un material viscoplástico. Sus características dependen, fundamentalmente, del tipo de suelo y del contenido de hielo, pero son función de la temperatura y de la duración de la carga aplicada.

La resistencia del suelo congelado puede definirse por los parámetros de cohesión y rozamiento, al igual que un suelo sin congelar, con la diferencia de que dichos parámetros con función del tiempo y de la temperatura. El componente resistencia debido al rozamiento se debe, esencialmente, al contacto entre los granos de las partículas sólidas, y es razonable esperar que sea independiente de la temperatura. En los suelos gruesos con poco contenido de hielo (arenas), el ángulo de rozamiento interno resulta ligeramente inferior al del suelo con congelar. En los suelos ricos en hielo y con pocas partículas en contacto dominan las propiedades viscosas del hielo. Este parámetro se determina mediante el ensayo de compresión simple y en ocasiones triaxial.

Los resultados dependen de las características del suelo, de la temperatura de congelación y de la velocidad de aplicación de la carga. La rotura puede ser frágil.

- *Compresión simple no confinada*

El ensayo tiene por finalidad determinar la resistencia a la compresión no confinada de una probeta cilíndrica de suelo, la manera de obtener de forma indirecta la resistencia al corte de la muestra.

Normativa para la realización del ensayo.

- AASHTO T 208
- ASTM D 1587
- NTP 339.167

Para esto se somete a una muestra a un esfuerzo vertical con la deformación controlada y midiendo la máxima carga existente.

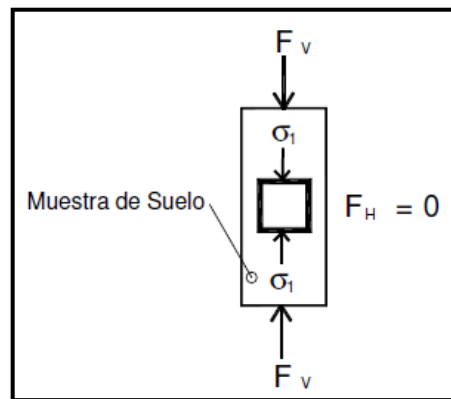


Figura 2: Modelo de compresión simple

Calcular la deformación unitaria.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Dónde:

ΔL : deformación total de la muestra (axial) en mm.

L_0 : longitud inicial de la muestra en mm.

El esfuerzo instantáneo σ del ensayo sobre la muestra se calcula como:

$$\sigma = \frac{P}{A'} \text{ (kPa)}$$

Dónde:

P: Carga sobre la muestra en cualquier instante para el correspondiente valor de ΔL en KN.

A' : área de la sección transversal de la muestra para la carga correspondiente P en mm^2

$$A' = \frac{A_0}{1 - \epsilon}$$

Donde:

A_0 : área inicial

Dibujar la curva esfuerzo, como ordenada “y”, deformación como abscisa “x”

mostrar q_u como esfuerzo pico para dos especímenes y calcular su promedio.

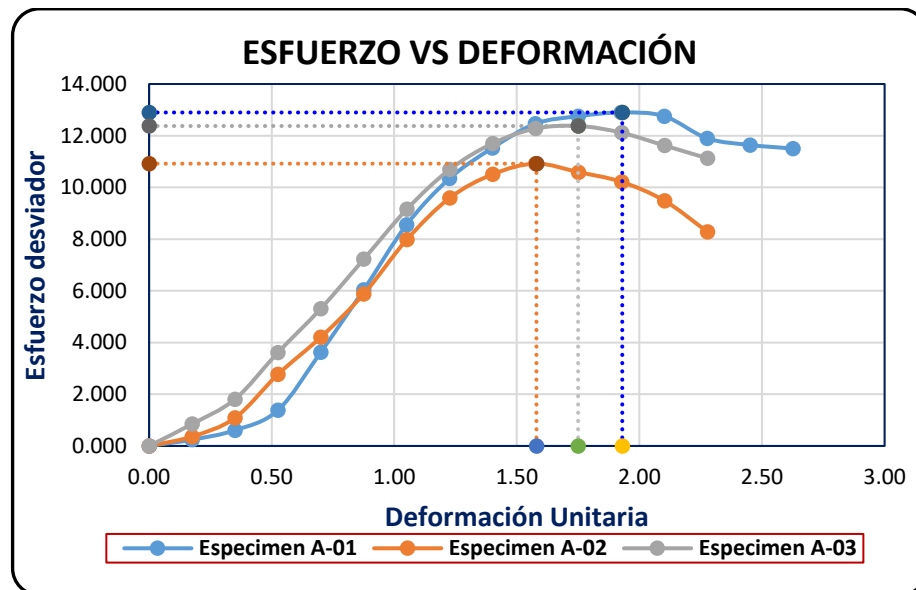


Figura 3: Curva de esfuerzo vs deformación

- *Ensayo triaxial*

El ensayo tiene por finalidad determinar los parámetros de resistencia, el ángulo de fricción ϕ y cohesión c , de un suelo, además la relación esfuerzo-deformación de un espécimen cilíndrico tanto para los suelos cohesivos inalterados o remoldeados. Los ensayos a realizar son de características no Drenado no Consolidado (UU) a una deformación de 0.5 mm/min, y el método de moldeo se realiza para producir el peso unitario y la humedad deseada.

Normativa para la realización del ensayo:

- AASHTO T 296 T 297
- ASTM D 2850 D 4767

- *Descripción del ensayo*

La prueba de ensayo triaxial es uno de los métodos más confiables para determinar los parámetros de la resistencia al cortante (Valerio Salas, 2011). Donde la simulación es más confiable de los suelos granulares, suelos que se tienen en el presente estudio.

En la figura 4 se muestra un diagrama de un equipo de prueba triaxial (Das B, 2015)

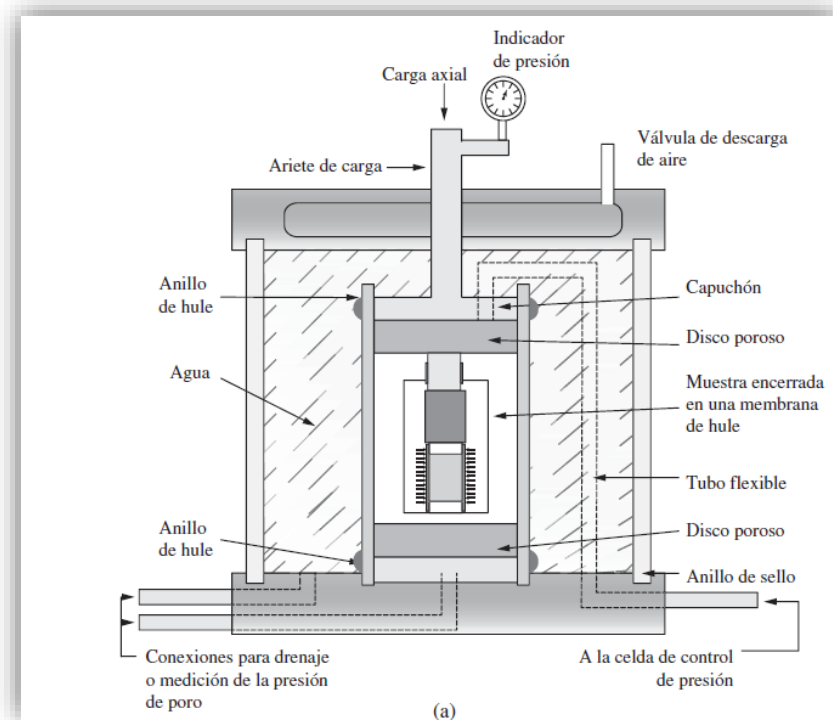


Figura 4: Diagrama de un equipo de prueba triaxial

Fuente: (M. Das, B., 2015)

Por lo general, se realizan para el ensayo 3 pruebas con presiones laterales diferentes y los datos obtenidos se grafican generando 3 círculos de Mohr que representan los esfuerzos de la falla de cada muestra y luego se traza una línea tangente que representa la envolvente de falla la cual determina los parámetros del suelo. Obedeciendo al tipo de suelo y las condiciones en que esta trabajará, los tipos de ensayo serán Consolidado no Drenado (CU), no Consolidado no Drenado (UU) o Consolidado Drenado (CD) (Cometa & Mendez, 2006)

Calcular la deformación unitaria, para el grafico de deformación vs carga.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Donde:

ΔL : deformación total de la muestra (axial) en mm.

L_0 : longitud inicial de la muestra en mm.

A: área de la sección transversal de la muestra para la carga correspondiente P en mm^2

$$A = \frac{A_0}{1 - \epsilon}$$

Donde:

A_0 : Área inicial

El esfuerzo desviador σ_d del ensayo sobre la muestra se calcula como:

$$\sigma_d = \frac{P}{A} \text{ (kPa)}$$

Dónde:

P: Carga sobre la muestra en cualquier instante para el correspondiente valor de ΔL en KN.

A': área de la sección transversal de la muestra en mm^2 .

2.2.4. Costo de construcción de una base granular

Para el desarrollo de la siguiente investigación se desarrolla un comparativo con las actividades más relevantes y necesarias para la construcción de una base granular, en las cuales se realiza un análisis de los costos unitarios

2.2.4.1. Conformación de base granular

Para la conformación de una base granular se requiere ejecutar diferentes actividades o partidas como son: material para la conformación, transporte de material, conformación de la base, entre otros. De los cuales cada partida o actividad a realizar debe contar con su respectivo análisis de costos unitarios para su respectiva valorización y posterior una evaluación económica entre las diferentes propuestas de diseño.



2.2.4.2. Análisis de costos unitarios

Es el modelo matemático que adelanta el resultado expresada monetariamente de una actividad o partida a ejecutar con todos los recursos necesarios para llevar a cabo dicha actividad

2.2.4.3. Recursos

Aquí están comprendidos la mano de obra, materiales, equipos y herramientas, subcontratos, que se requieren para la ejecución de una partida.

2.2.4.4. Incidencia de costo con el uso de aditivos

El uso de los aditivos permite reducir el número de actividades o partidas necesarias para la ejecución de una obra permitiendo economizar los gastos de construcción.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

3.1.1. Ubicación de la cantera Chipana

El presente estudio lo realizamos en la comunidad campesina de Chuncarcollo del Distrito de Kelluyo, en la cantera ubicada a 3885 m.s.n.m. Presentamos la localización de esta cantera.

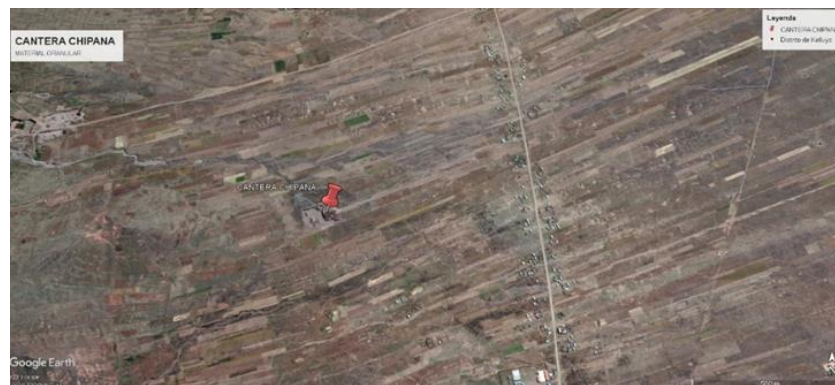


Figura 5: Localización de la cantera Chipana
Fuente: Google Earth, 2019

La ubicación de la cantera Chipana está en las siguientes coordenadas:

Tabla 6: Coordenadas de la cantera Chipana

Coordenadas de UTM			
Cantera	Este	Norte	Cota
Chipana	473852.64	8157730.6	3885

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

3.1.2. Ubicación de la cantera Challacollo

El presente estudio lo realizamos en el centro poblado de Challacollo a riveras del río Callacame del Distrito de Huacullani, en la cantera ubicada a 3885 m.s.n.m. Presentamos la localización de esta cantera.

Foto Georreferenciación de la Cantera Challacollo.



*Figura 6: Localización de Cantera Challacollo
Fuente: Google Earth, 2019*

La ubicación de la cantera Challacollo está en las siguientes coordenadas

Tabla 7: Coordenadas de cantera Challacollo

Coordenadas de UTM			
Cantera	Este	Norte	Cota
Challacollo	470404.69	8165279.00	3885

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

3.2. PERIODO DE DURACIÓN, TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.2.1 Período de duración de estudio

El estudio de las actividades del presente proyecto de tesis tiene una duración de 70 días calendario, y comprende las siguientes actividades:

El estudio preliminar, cuyas actividades están comprendidos en la tabla N°8, las cuales se realiza in situ, en el distrito de Kelluyo y Huacullani.

Tabla 8: Actividades para el estudio preliminar

A	Estudio preliminar
A.1.	Exploración de la vía y reconocimiento de canteras
A.2.	Muestreo de canteras
A.3.	Transporte de muestras al laboratorio

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Estudio definitivo, las actividades comprendidas son todos aquellos ensayos realizados en el laboratorio de suelos y pavimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano.



Tabla 9: Estudio definitivo, granulometría

B	Estudio definitivo
B.1.	GRANULOMETRÍA
B.1.1.	Granulometría: cantera Chipana.
B.1.2.	Granulometría: cantera Challacollo.
B.1.3.	Granulometría: mezcla de dos canteras.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

- *Ensayo de contenido de humedad*

Tabla 10: Estudio definitivo, contenido de humedad

B.2.	CONTENIDO DE HUMEDAD
B.2.1.	Contenido de humedad natural: cantera Chipana.
B.2.2.	Contenido de humedad natural: cantera Challacollo.
B.2.3.	Contenido de humedad alterada: cantera Chipana.
B.2.4.	Contenido de humedad alterada: mezcla de canteras.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

- *Ensayo de límites de consistencia*

Tabla 11: Estudio definitivo, límites de consistencia

B.3.	LIMITES DE CONSISTENCIA
B.3.1.	Límites de consistencia: muestra no tratada
B.3.2.	Límites de consistencia: muestra tratada con cloruro de calcio al 0.5%
B.3.3.	Límites de consistencia: muestra tratada con cloruro de calcio al 1.0%
B.3.4.	Límites de consistencia: muestra tratada con cloruro de calcio al 1.5%
B.3.5.	Límites de consistencia: muestra tratada con aceite sulfonado al 0.15 %
B.3.6.	Límites de consistencia: muestra tratada con aceite sulfonado al 0.30%
B.3.7.	Límites de consistencia: muestra tratada con aceite sulfonado al 0.50%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

- *Ensayo de Proctor modificado*

Tabla 12: Estudio definitivo, Proctor modificado

B.4.	PROCTOR MODIFICADO: MUESTRA NO TRATADA
B.4.1.	Proctor modificado: muestra no tratada
B.5.	PROCTOR MODIFICADO: MUESTRA TRATADA
B.5.1.	Proctor modificado: muestra tratada con 2 canteras (tradicional)
B.5.2.	Proctor modificado: muestra tratada con cloruro de calcio al 0.5%
B.5.3.	Proctor modificado: muestra tratada con cloruro de calcio al 1.0%
B.5.4.	Proctor modificado: muestra tratada con cloruro de calcio al 1.5%
B.5.5.	Proctor modificado: muestra tratada con aceite sulfonado al 0.15%
B.5.6.	Proctor modificado: muestra tratada con aceite sulfonado al 0.30%
B.5.7.	Proctor modificado: muestra tratada con aceite sulfonado al 0.50%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

- *Ensayo de CBR*

Tabla 13: Estudio definitivo, CBR

B.6.	CBR
B.6.1.	CBR: muestra no tratada
B.6.2.	CBR: muestra tratada con cloruro de calcio al 0.5%
B.6.3.	CBR: muestra tratada con cloruro de calcio al 1.0%
B.6.4.	CBR: muestra tratada con cloruro de calcio al 1.5%
B.6.5.	CBR: muestra tratada con aceite sulfonado al 0.15%
B.6.6.	CBR: muestra tratada con aceite sulfonado al 0.30%
B.6.7.	CBR: muestra tratada con aceite sulfonado al 0.50%
B.6.8.	CBR: muestra tratada con 2 canteras (tradicional)

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

- *Ensayo de abrasión*

Tabla 14: Estudio definitivo, abrasión

B.7.	ENSAYO DE ABRASIÓN
B.7.1.	Ensayo de abrasión: cantera Chipana
B.7.2.	Ensayo de abrasión: cantera Challacollo

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

- *Ensayo de compresión simple*

Tabla 15: Estudio definitivo, compresión simple

B.8.	COMPRESIÓN SIMPLE MUESTRAS CONGELADAS
B.8.1.	Compresión simple: muestra no tratada
B.8.2.	Compresión simple: muestra tratada con cloruro de calcio al 0.5%
B.8.3.	Compresión simple: muestra tratada con cloruro de calcio al 1.0%
B.8.4.	Compresión simple: muestra tratada con cloruro de calcio al 1.5%
B.8.5.	Compresión simple: muestra tratada con aceite sulfonado al 0.15%
B.8.6.	Compresión simple: muestra tratada con aceite sulfonado al 0.30%
B.8.7.	Compresión simple: muestra tratada con aceite sulfonado al 0.50%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

- *Ensayo de triaxial UU*

Tabla 16: Estudio definitivo, triaxial

B.8.	TRIAxIAL: MUESTRAS CONGELADAS
B.8.1.	Triaxial: muestra no tratada
B.8.2.	Triaxial: muestra tratada con cloruro de calcio al 0.5%
B.8.3.	Triaxial: muestra tratada con cloruro de calcio al 1.0%
B.8.4.	Triaxial: muestra tratada con cloruro de calcio al 1.5%
B.8.5.	Triaxial: muestra tratada con aceite sulfonado al 0.15%
B.8.6.	Triaxial: muestra tratada con aceite sulfonado al 0.30%
B.8.7.	Triaxial: muestra tratada con aceite sulfonado al 0.50%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Actividades para el análisis de resultados y elaboración del informe final del estudio del presente proyecto de tesis.

Tabla 17: Análisis de resultados e informe final de actividades

C	ANÁLISIS DE RESULTADOS
C.1.	Procesamiento de los datos recopilados en laboratorio
C.2.	Análisis de los datos recopilados en laboratorio
D	INFORME FINAL
D.1	Elaboración del informe final

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

3.2.2. Tipo y nivel de investigación

3.2.2.1. Tipo de investigación

Aplicada, la presente investigación es aplicable a obras públicas.

3.2.2.2. Nivel de investigación

Experimental, la presente investigación requiere los estudios en laboratorio a un grupo de control.

3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO

3.3.1. Material de cantera.

El material a utilizarse es extraído de las canteras de Chipana y Challacollo, que se encuentran ubicadas en el distrito de Kelluyo y Huacullani, respectivamente.

3.3.2. Cloruro de calcio

Distribuido por INSUMOS QUÍMICOS, Aditivos e insumos en general, ubicada en la calle Benito Pardo Figueroa N°129 – urb. Balconcillo – la Victoria – Lima - Lima

3.3.3. Aceite sulfonado

Distribuido por INDIQSA, industrial insumos químicos S.A., ubicada en la calle Benito Pardo Figueroa N°147 – urb. Balconcillo – la Victoria – Lima - Lima



3.4. METODOLOGÍA, POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO

3.4.1. Metodología experimental

Para contrastar el proyecto de investigación se trabajará con 3 tipos de muestras: 2 muestras experimentales y un grupo control.

A estas muestras experimentales se someterán los siguientes ensayos:

- Granulometría: este método es primordial para determinar la gradación de suelos y materiales propuestos para ser usados en la conformación de base de las carreteras afirmadas de modo que así se obtiene la clasificación de suelos, en base a la norma AASHTO T 27-99, ASTM C 136.
- Contenido de humedad: determina la cantidad de agua que contiene cierta muestra en porcentaje del peso seco, basada en la norma ASTM D 2974-00.
- Límite 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.
- Límite líquido: Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como material plástico, en base a la norma AASHTO T89-02
- Proctor modificado: permite determinar la relación densidad seca y contenido de humedad de un suelo compactado en un molde, en base a la norma AASHTO T-180.
- CBR: tiene por finalidad determinar la capacidad y soporte de suelos en laboratorio con una humedad óptima y niveles de compactación variables, en base a la norma AASHTO 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,



para así poder tener la estabilidad volumétrica, en base a la norma AASHTO D 4829-03.

- Abrasión: tiene por finalidad determinar la resistencia al desgaste de las partículas en base a la norma ASTM C-131.
- Triaxial: Tiene por finalidad la determinación de la resistencia, el ángulo de fricción ϕ y la cohesión c , de las muestras naturales y tratadas con los aditivos de aceite sulfonado y cloruro de calcio a diferentes dosificaciones, en base a la normativa.
- Congelamiento: las muestras son sometidas a congelamiento a $-7.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ estudio basada a la norma MTC – manual de carreteras “suelos, geología y pavimentos – sección suelos y pavimentos”, temperatura promedio de las estaciones meteorológicas existentes en los distritos de Desaguadero y Huacullani.
- Compresión Simple: este ensayo se realizará a las muestras congeladas (muestras sin tratar y tratadas con aceite sulfonado y cloruro de calcio), para evaluar la resistencia a compresión simple.

3.4.1.1. Grupo control

Se realiza a las muestras no tratadas.

Tabla 18: Grupo control para cantera Challacollo

CANTERA CHALLACOLLO	
Muestra no tratada	
Control	Cantidad
Granulometría	1
Contenido de humedad	1

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



Tabla 19: Grupo control para cantera Chipana

CANTERA CHIPANA	
Muestra no tratada	
Control	Cantidad
Granulometría	1
Contenido de humedad	1
Límite líquido	1
Límite plástico	1
Proctor	1
CBR	1
Expansión	1
Resistencia última	1
Cohesión	1
Angulo de fricción	1

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

3.4.1.2. Grupo experimental

Grupo experimental (cloruro de calcio)

Tabla 20: Grupo experimental a cantera Chipana con aditivo cloruro de calcio

CANTERA CHIPANA	
Muestra tratada con cloruro de calcio al 0.5%, 1.0%, 1.5%	
Control	Cantidad
Límite líquido	3
Límite plástico	3
Proctor	3
CBR	3
Expansión	3
Resistencia ultima	3
Cohesión	3
Ángulo de fricción	3

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Grupo experimental (aceite sulfonado)

Tabla 21: Grupo experimental a cantera Chipana con aditivo aceite sulfonado

CANTERA CHIPANA	
Muestra tratada con aceite sulfonado al: 0.15%, 0.30%, 0.50%	
Control	Cantidad
Límite líquido	3
Límite plástico	3
Proctor	3
CBR	3
Expansión	3
Resistencia ultima	3
Cohesión	3
Ángulo de fricción	3

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Grupo experimental (mezcla de dos canteras)

Tabla 22: Grupo experimental a mezcla de dos canteras

CANTERA CHIPANA Y CHALLACOLLO	
Muestra de mezcla de dos canteras	
Control	Cantidad
Granulometría	1
Contenido de humedad	1
Proctor	1
CBR	1
Expansión	1

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

3.4.2. Población de estudio

Este estudio es realizado para el mejoramiento de la superficie de rodadura de la carretera afirmada Kelluyo – Yorohoco.

3.4.3. Muestra del estudio

El número de muestras para obtener los resultados del grupo control y experimental ya mencionadas anteriormente son las siguientes:

Tabla 23: Número de muestras para la ejecución de los ensayos

N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Contenido de humedad	4
2	Análisis granulométrico	3
3	Límites de consistencia	7
4	Ensayo de Proctor modificado	8
5	Ensayo de CBR	8
6	Ensayo de abrasión	2
7	Ensayo de compresión simple	7
8	Ensayo de triaxial	7

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Los cuales suman un total de 46 muestras para la realización de los respectivos ensayos. De los cuales desglosando el cuadro anterior se puede ver la distribución de esta manera:

Tabla 24: Número de muestras por ensayo

N°	DESCRIPCIÓN	CANTERA CHIPANA	CANTERA CHALLACOLLO	CLORURO DE CALCIO	ACEITE SULFONADO	BASE TRADICIONAL	TOTAL
1	Contenido de humedad	1	-	1	1	1	4
2	Análisis granulométrico	1	1	-	-	1	3
3	Límites de consistencia	1	-	3	3	-	7
4	Proctor modificado	1	-	3	3	1	8
5	Ensayo de CBR	1	-	3	3	1	8
6	Ensayo de abrasión	1	1	-	-	-	2
7	Compresión simple	1	-	3	3	-	7
8	Ensayo de triaxial	1	-	3	3	-	7

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO

Es la técnica estadística a utilizar para el análisis de los resultados bivariado, el cual consiste en realizar un tratamiento estadístico a dos variables de manera simultánea. Implicando el análisis comparativo para establecer si existe o no una relación entre dichas variables. El método estadístico utilizado para la presente investigación es el coeficiente de correlación de Pearson, ya que se utiliza para comparar dos variables cuantitativas con distribución normal

3.5.1. Coeficiente de correlación de Pearson

Tiene como objetivo medir la fuerza o grado de asociación entre dos variables aleatorias cuantitativas que poseen una distribución normal bivariado conjunta. (Restrepo & González, 2007).

El coeficiente de correlación de Pearson está definido por.

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

Para interpretar el coeficiente de correlación r que se obtiene, se toma como criterio de decisión, la siguiente calificación:



Tabla 25: Valor de coeficiente de correlación de Pearson e interpretación

VALOR	SIGNIFICADO
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Fuente: *Interaprendizaje de estadística básica*
(Suárez & Tapia, 2018)

3.5.1.1. Supuestos que fundamentan al coeficiente de correlación

1. la distribución conjunta de las variables (X, Y) debe ser normal bivariado.
2. En términos prácticos para la validez de dicho supuesto se debe observar que cada variable se distribuya en forma normal. Si una sola de las variables se desvía de la normalidad, tampoco es normal la distribución conjunta.
3. Debe existir una relación de tipo lineal entre las variables (X, Y).
4. Para cada valor de X, hay una subpoblación de valores de Y normalmente distribuidas.
5. Las subpoblaciones de valores Y tienen varianzas constantes.
6. Los promedios de las subpoblaciones de Y tienen ubicación en la misma línea recta.
7. Las subpoblaciones de X tienen varianzas constantes.
8. Las medias de las subpoblaciones de X se encuentran en la misma línea recta.
9. Para cada valor de Y hay una subpoblación de valores X las que están normalmente distribuidas.

3.5.2. Coeficiente de correlación de Spearman

El coeficiente de correlación de Spearman es un coeficiente no paramétrico alternativo al coeficiente de correlación de Pearson cuando este no cumple los supuestos (3, 4 y 9). (Restrepo & González, 2007).

El coeficiente de correlación de Spearman está definido por:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

Para interpretar el coeficiente de correlación (r_s) que se obtiene, se toma como criterio de decisión, la siguiente calificación:

Tabla 26: Valor de coeficiente de correlación de Spearman e interpretación

Rango	Relación
-0.91 a -1.00	Correlación negativa perfecta
-0.76 a -0.90	Correlación negativa muy fuerte
-0.51 a -0.75	Correlación negativa considerable
-0.11 a -0.50	Correlación negativa media
-0.01 a -0.10	Correlación negativa débil
0	No existe correlación
+0.01 a +0.10	Correlación positiva débil
+0.11 a +0.50	Correlación positiva media
+0.51 a +0.75	Correlación positiva considerable
+0.76 a +0.90	Correlación positiva muy fuerte
+0.91 a +1.00	Correlación positiva perfecta

Fuente: (Hernández Sampieri & Fernández Collado, 1998)

3.5.3. Prueba de hipótesis

Una vez calculado el valor del coeficiente de correlación interesa determinar si tal valor obtenido muestra que las variables X e Y están relacionadas en realidad o tan solo presentan dicha relación como consecuencia del azar.

La prueba o contraste de hipótesis es una prueba que se basa en los datos de una muestra de una variable aleatoria mediante la cual podemos rechazar una hipótesis sobre

un parámetro de la población, llamada hipótesis nula (H_0), en favor de una hipótesis contraria, llamada hipótesis alternativa (H_a). (Sáez Castillo, 2012).

Tabla 27: Identificación de hipótesis

IDENTIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	
Hipótesis nula H_0	Hipótesis alternativa H_1
La que contrastamos	Niega H_0 (y creemos que es “mejor”)
Los datos pueden refutarla.	Los datos pueden mostrar evidencia a favor.
No debería ser rechazada sin una buena razón.	No debería ser aceptada sin una gran evidencia a favor.
$H_0: p =, <=, >=$	$H_1: p, <, >$

Fuente: (Ibañez Quispe, 2009)

3.5.4. Prueba de Hipótesis para la Correlación con Pearson.

Hipótesis Estadística:

$$H_0: p = p_0$$

$$H_a: p \neq p_0$$

(H_0 =Ausencia de correlación entre las variables)

(H_a =Existencia de correlación entre las variables en forma directa)

Elegir el nivel de significación: “ α ” ($\alpha=0.01$, $\alpha=0.05$, $\alpha=0.10$)

Cálculo del valor experimental. r^2 , gl , t : (r^2 = coeficiente de determinación)

$$t = \frac{r - p}{S_r} = \frac{[r]\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Donde:

$$S_r = \frac{\sqrt{1-r^2}}{\sqrt{n-2}}$$

la regla de decisión es:

Sí: $t > t_c$: rechazamos la H_0 y aceptamos la H_a

Sí: $t < t_c$: aceptamos la H_0 y rechazamos la H_a

Para concluir, realizamos la interpretación en base al paso 4.

Tabla 28: Valores críticos de distribución *t* para Pearson

Tabla de valores críticos de distribución <i>t</i>							
N-2 \ α	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.002	0.001
1	6.3138	12.7065	31.8193	63.6551	127.3447	318.493	636.045
2	2.92	4.3026	6.9646	9.9247	14.0887	22.3276	31.5989
3	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408	7.4534	10.2145	12.9242
4	2.1319	2.7764	3.747	4.6041	5.5976	7.1732	8.6103
5	2.015	2.5706	3.365	4.0322	4.7734	5.8934	6.8688
6	1.9432	2.4469	3.1426	3.7074	4.3168	5.2076	5.9589
7	1.8946	2.3646	2.998	3.4995	4.0294	4.7852	5.4079
8	1.8595	2.306	2.8965	3.3554	3.8325	4.5008	5.0414
9	1.8331	2.2621	2.8214	3.2498	3.6896	4.2969	4.7809
10	1.8124	2.2282	2.7638	3.1693	3.5814	4.1437	4.5869

Fuente: (Restrepo & González, 2007)

3.5.5. Prueba de hipótesis para la correlación con Spearman

Hipótesis Estadística:

- a. $H_0: \rho = \rho_0$
- b. $H_a: \rho \neq \rho_0$
- c. (H_0 =Ausencia de correlación entre las variables)
- d. (H_a =Existencia de correlación entre las variables en forma directa)
 1. Elegir el nivel de significación: " α " ($\alpha=0.01$, $\alpha=0.05$, $\alpha=0.10$)
 2. Clasificar por jerarquía los valores de X desde 1 hasta n (el número de parejas de valores de X y Y en la muestra). Clasificar por jerarquía los valores de Y desde 1 hasta n.
 3. Calcular d_i para cada pareja de observaciones, restando la jerarquía de Y_i de la jerarquía de X_i . Elevar al cuadrado cada d_i y calcular la suma de los valores al cuadrado.

Si: $p > \alpha$: aceptamos H_0 y rechazamos la H_a

Si: $p < \alpha$ rechazamos H_0 y aceptamos H_a

4. Para concluir, realizamos la interpretación en base al paso 4

Tabla 29: Valores de α para correlación de Spearman

$N\alpha$	VALORES PARA CORRELACIONES DE SPEARMAN DE DOS COLAS					
	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.002
4	0.8	0.8	-	-	-	-
5	0.7	0.8	0.9	0.9	-	-
6	0.6	0.7714	0.8286	0.8857	0.9429	-
7	0.5357	0.6786	0.745	0.8571	0.8929	0.9643
8	0.5	0.619	0.7143	0.8095	0.8571	0.9286
9	0.4667	0.5833	0.6833	0.7667	0.8167	0.9
10	0.4424	0.5515	0.6364	0.7333	0.7818	0.8667

Fuente: (Restrepo & González, 2007)

3.5.6. P-valor de un contraste o prueba de hipótesis.

El p-valor asociado al contraste se define como el mínimo nivel de significación con el que la hipótesis nula sería rechazada en favor de la alternativa. Dado que normalmente se elige como nivel de significación máximo $=0.05$, se tiene la regla de decisión en un contraste con ese nivel de significación, dado el p-valor, será la siguiente:

Si $p < 0.05$, rechazamos H_0 en favor de H_a con más de un 95% de confianza

Si $p \geq 0.05$, no podemos rechazar H_0 en favor de H_a con al menos un 95% de confianza.

En resumen, el p-valor permite utilizar cualquier otro nivel de significación, ya que si consideramos un nivel de significación α .

Si $p < \alpha$, rechazamos H_0 en favor de H_a con más de un $(1 - \alpha)$ % de confianza.

Si $p \geq \alpha$, no podemos rechazar H_0 en favor de H_a con al menos un $(1 - \alpha)$ % de confianza. (Sáez Castillo, 2012)

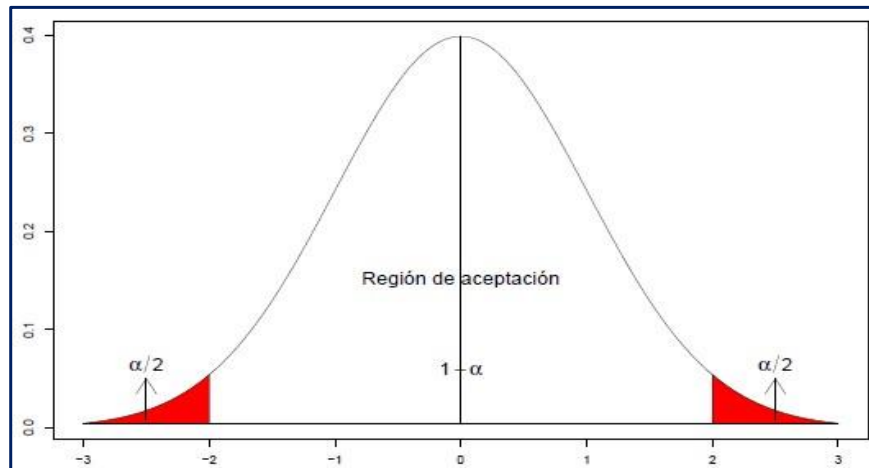


Figura 7: Región de rechazo en una prueba de hipótesis bilateral.
Fuente: (Sáez Castillo, 2012)

Nota: los resultados del análisis de las pruebas estadísticas (prueba de normalidad, obtención de los coeficientes de correlación de Pearson, ecuaciones de regresión lineal y la prueba de hipótesis) se muestran en el siguiente capítulo. Los análisis de pruebas estadísticas a más detalle se presentan en el anexo de la presente investigación.

3.6. PROCEDIMIENTO

3.6.1. Exploración de la vía y reconocimiento de las canteras

3.6.1.1 Reconocimiento de la vía

Inicio y fin de la vía

La vía comienza del centro poblado de Yorohoco del distrito de Huacullani, donde esta empalmado a la carrera transoceánica, y termina en el distrito de Kelluyo.

Inicio de la vía:



Figura 8: Inicio de la vía en estudio

Fin de la vía:



Figura 9: Fin de la vía en estudio

Estado de la vía:

El tramo se identificó con diversos daños sobre la superficie de rodadura:

Donde los habitantes de este lugar indican que cuando la vía está en óptimas condiciones, se tiene la presencia de vehículos de alto tonelaje, provenientes de la costa peruana.

Es por esta situación que el presente proyecto de investigación, realiza los estudios de laboratorio para las condiciones que exige una base granular.



Figura 10: Falla por deficiencia en la capacidad de soporte



Figura 11: Erosión de la vía con la presencia de lluvias



Figura 12: Presencia de falla por acolchonamiento



Figura 13: Antecedente de existencia de vehículos de alto tonelaje

3.6.1.2. Clasificación de la vía

Clasificación de la carretera según su función

La principal función de la vía es la de comunicar el distrito de Kelluyo y Huacullani, beneficiando así a la población que reside alrededor de todo el tramo, como son los diferentes centros poblados y comunidades campesinas (C.P. Challacollo, C.P. Yorohoco, C.C. Kenturani, C.C. Vilcanqui, C.C. Karique, C.C. Ancomarca, C.C. Tiramarca, C.C. Chacacollo, entre otros), cuyos pobladores viven de la compra y venta de ganado.

La vía ayuda a trasladarse a la población a las ferias locales que ocurren los días domingos en el distrito de Kelluyo, martes en el distrito de Huacullani, y viernes en el distrito de Desaguadero.

De tal modo que la vía se clasifica como:

“Red vial terciaria y local”.

Clasificación por demanda

La vía presenta un IMDA menor a 200 veh/día y una calzada min de 4 m., pero cuenta con la presencia de vehículos pesados.



Figura 14: Circulación de vehículo pesado

De tal modo que la vía se clasifica como:

“Trochas carrozables”.

Clasificación por orografía

Como se aprecia en la figura, la vía presenta una pendiente longitudinal menor a 3%, y una pendiente transversal menor a 10%, por que la vía se clasifica como:



Figura 15: Vía con pendiente menor a 3%

“Terreno plano (tipo I)”

Clasificación según el tipo de superficie de rodadura

Como se aprecia en la figura la vía no presenta tratamiento superficial, solo está construido a base de material extraído de canteras, por lo que la vía se clasifica como:



Figura 16: Superficie de la vía no pavimentada

“Carreteras no pavimentadas”

3.6.2. Muestreo de las canteras

Muestreo de canteras

El muestreo se realiza en cada una de las canteras.



Figura 17: Muestreo en la cantera Chipana



Figura 18: Transporte de muestras de cantera Chipana



Figura 19: Muestreo de material en la cantera Challacollo



Figura 20: Transporte de muestras de hormigón de cantera Challacollo

Transporte de muestras al laboratorio de la FICA-EPIC

3.6.3. Estudio definitivo

3.6.3.1. Granulometría

Granulometría de las canteras Chipana y Challacollo

Para el análisis granulométrico se tomó la muestra de la cantera Challacollo, adquiriéndose para ello una muestra de suelo. Luego de pesarlo la muestra se lava la muestra sobre el tamiz de 0.075 mm (Nro. 200) con abundante agua, evitando frotarla contra el tamiz y teniendo mucho cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en él. Se recoge lo retenido en un recipiente, se seca en el horno a una temperatura de 110° C y se pesa, a continuación, se tamiza en seco siguiendo el procedimiento para determinar los porcentajes retenidos de cada tamiz correspondiente, para luego calcular la curva granulométrica de los granos de suelo.



Figura 21: Secado de material de la cantera Challacollo para granulometría



Figura 22: Secado de material de la cantera Chipana



Figura 23: Cuarteo de la muestra de la cantera Chipana



Figura 24: Lavado de muestra cantera Chipana



Figura 25: Tamizado de la muestra cantera Chipana

3.6.3.2. Límites de consistencia

Este método comprende la determinación del límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de los suelos.

Para el límite líquido (L.L.) tómese una proporción de muestra que pese 200 gr completamente mezclado que pase el tamiz de 0.425 mm (Nº 40), si ha de utilizarse de esta para el límite plástico.

Colóquese la muestra de suelo en la vasija de porcelana y mézclase completamente con 15 a 20 ml de agua destilada, agitándola, amasándola y dejándola con una espátula en forma alternada y repetida

Para el límite Plástico (L.P.) la muestra de la cantera Chipana tiene que ser tamizado por la Malla N.º 40, de la muestra utilizada se toma una proporción de 20 gr para realizar el límite plástico.

Se moldea la mitad de la muestra tomada al preparar el L.L. en forma de elipsoide y a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros. El cilindro debe ser deformado en cada movimiento hasta que su diámetro sea igual o ligeramente superior a 3.2 mm en no más de 2 minutos. La velocidad normal de enrollado para la mayoría de suelos debe estar

entre 80 y 90 pasadas por minuto, contando una pasada como un movimiento completo de la mano hacia delante y de regreso a la posición inicial.



Figura 26: Saturación de muestra para ensayos de LL y LP



Figura 27: Ensayo de límites de consistencia



Figura 28: Muestras para contenido de humedad del ensayo LL y LP



Figura 29: Dosificación de cloruro de calcio para límites de consistencia



Figura 30: Dosificación de aceite sulfonado para límites de consistencia



Figura 31: Saturación de muestra con líquido tratado con aditivos



Figura 32: Límites de consistencia con aditivo aceite sulfonado



Figura 33: Límites de consistencia con aditivo cloruro de calcio

3.6.3.3. Ensayo de Proctor modificado

Proctor modificado de muestra no tratada

Cada grupo debe tomar 6 kg de peso de suelo secado al aire, desmenuzando para que pase a través del tamiz N°. 04; luego debe ser mezclado con la cantidad de agua necesaria para alcanzar el contenido de humedad basado en porcentajes de peso seco.

Pesar el molde de compactación, sin incluir la base ni el collar.



Figura 34: Contenido de agua para el ensayo de Proctor modificado



Figura 35: Peso del molde de Proctor modificado

Medir las dimensiones internas del molde de compactación para determinar su volumen.



Figura 36: Saturación de muestra para el ensayo de Proctor modificado

Compactar el suelo en 5 capas aplicando 56 golpes, y se debe procurar que la última capa quede por sobre la altura del molde de compactación; en caso que la superficie de la última capa quedara bajo la altura del molde, se debe repetir el ensayo; se debe evitar además que esta última capa exceda en altura el nivel del molde en más de 6 mm ya que al enrasar se estaría eliminando una parte significativa del material compactado, disminuyendo la energía de compactación por unidad de volumen.



Figura 37: Compactación por capas para el ensayo de Proctor modificado

Retirar cuidadosamente el collar de compactación, evitar girar el collar; en caso que se encuentre muy apretado, retirar con espátula el suelo que se encuentra adherido al borde por sobre el nivel del molde; finalmente enrasar perfectamente la superficie del suelo a nivel del plano superior del molde

Pesar el molde con el suelo compactado y enrasado.



Figura 38: Acabado superficial sobre el molde de Proctor modificado

Extraer el suelo del molde y tomar una muestra representativa para determinar el contenido de humedad.



Figura 39: Extracción de muestra para el contenido de humedad

Repetir estos procedimientos, suficientes, para obtener una cantidad de puntos que permitan determinar el contenido de humedad óptima y la densidad seca máxima.



Figura 40: Muestra para contenido de humedad del ensayo de Proctor modificado

Volver posteriormente al laboratorio para obtener los pesos secos de las muestras de humedad.

Proctor modificado de muestras tratadas

El procedimiento es el mismo, con la diferencia que el agua está dosificada con aditivos como el cloruro de calcio, y aceite sulfonado.

Dosificación con cloruro de calcio.

La dosificación se realiza, pesando un porcentaje del peso seco de muestra el cual es vertido sobre el agua hasta conseguir que se diluya por completo.

Las dosificaciones de cloruro de calcio se realizan en las siguientes proporciones:

0.5%, 1.0%, 1.5%.

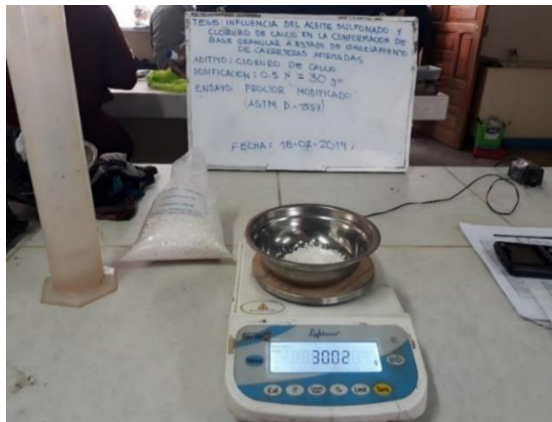


Figura 41: Dosificación de cloruro de calcio al 0.5% del peso seco de muestra

Las dosificaciones de aceite sulfonado se realizan en las siguientes proporciones:

0.15%, 0.30%, 0.50%.



Figura 42: Dosificación de aceite sulfonado de 0.15%, 0.30%, 0.50%



Figura 43: Compactación por capa de muestras tratadas con aditivos

3.6.3.4. Ensayo de CBR

CBR de muestra no tratada

Preparar una muestra de suelo, con un peso de 6 kg, preparar con el contenido de humedad óptima del suelo determinado con el ensayo de Proctor Modificado.



Figura 44: Preparación de muestras para el ensayo de CBR

- Antes de compactar el suelo en los moldes, tomar una muestra representativa para determinar su contenido de humedad (por lo menos 100 gr si el suelo es de grano fino)
- Pesar los moldes sin su base ni el collar
- Para cada molde ajustar el molde a la base, insertar el disco espaciador en el molde y cubrirlo con un disco de papel filtro.
- Para cada molde retirar la base, el collar y el disco espaciador, pesar el molde con el suelo compactado y determinar el unitario total del suelo.
- Colocar un disco de papel filtro sobre la base, invertir la muestra y asegurar el molde a la base de forma que el suelo quede en contacto con el papel filtro.
- Colocar la placa perforada con el vástago ajustado sobre el suelo compactado y aplicar suficientes pesas para obtener la sobrecarga deseada, cuidando que no sea inferior a 4.5kg. Asegurarse de usar un disco de papel de filtro entre la base

perforada del vástago y el suelo para evitar que el suelo se pegue a la base del vástago.

- Sumergir el molde y las pesas en un recipiente de agua de forma que el agua tenga acceso tanto a la parte superior como a la parte inferior de la muestra y ajustar el deformímetro de carátula (con lecturas al 0.01 mm) en su respectivo soporte; marcar sobre el molde los puntos donde se apoya el soporte de forma que pueda removerse y volver a colocarlo sobre el molde en el mismo sitio cuando se desee hacer una lectura.



Figura 45: Lectura de dial de expansión del ensayo de CBR

- Ajustar el cero del deformímetro de expansión y registrar el tiempo de comienzo del ensayo. Tomar las lecturas a 0, 24, 48,72 y 96 horas de tiempo transcurrido; el ensayo de expansión puede terminarse después de 48 horas si las lecturas en el deformímetro de expansión se mantienen constantes por lo menos durante 24 horas.
- Al final de las 96 horas de inmersión, sacar la muestra y dejarla drenar por espacio de 15 min; secar completamente la superficie superior de la muestra con toallas de papel.
- Pesar la muestra sumergida incluyendo el molde.

- Hacer lecturas de deformación o penetración y tomar las respectivas lecturas del deformímetro de carga. Extraer la muestra del molde y tomar dos muestras representativas adicionales para contenido de humedad.



Figura 46: Lectura de dial de penetración del ensayo de CBR

Tomar muestras para contenido de humedad de las muestras saturadas.

CBR muestra tratada con cloruro de calcio



Figura 47: Preparación de muestras tratadas con cloruro de calcio



Figura 48: Lectura de dial de expansión de muestra tratada con cloruro de calcio



Figura 49: Lectura de dial de penetración de muestra tratada con cloruro de calcio

CBR muestras tratada con aceite sulfonado



Figura 50: Preparación de muestra tratada con aceite sulfonado



Figura 51: Lectura de dial de expansión de muestra tratada con aceite sulfonado



Figura 52: Lectura de dial de penetración de muestra tratada con aceite sulfonado

CBR de mezcla de dos canteras



Figura 53: Preparación de muestra para el ensayo de CBR diseño tradicional



Figura 54: Compactación para CBR de la muestra diseño tradicional



Figura 55: Lectura de dial de expansión muestra diseño tradicional



Figura 56: Lectura de dial de penetración muestra diseño tradicional

3.6.3.5. Ensayo de Abrasión los ángeles

De acuerdo a la granulometría obtenida y de acuerdo al tamaño máximo, consultar las tablas para ver la graduación del material y elegir el número de esferas (carga abrasiva) y el peso de la muestra.

Accionar la máquina para que gire a 500 revoluciones.

El material que se retuvo en la malla N°12, lavarlo para quitarle los finos adheridos a las partículas.

Una vez lavado el material, colocarlo en el horno durante 24 horas hasta secarse a peso constante, a una temperatura de 110°C y luego se pesa con una aproximación de 1 gramo.

Expresar la diferencia entre el peso original y el peso final de la muestra que prueba como un porcentaje del peso original. Repórtese este valor como el porcentaje de pérdida por abrasión.



Figura 57: Pesado de muestra a 1250 kg para abrasión



Figura 58: Muestra de cantera Challacollo para abrasión



Figura 59: Muestra sometida a abrasión de cantera Challacollo



Figura 60: Muestra para abrasión de cantera Chipana



Figura 61: Muestra pesada a 1250 kg para abrasión



Figura 62: Muestra de cantera Chipana sometida a abrasión

3.6.3.6. Ensayo de compresión simple

Compresión simple de muestras no congeladas



Figura 63: Muestras sometidas a compresión



Figura 64: Muestra no tratada sometida a compresión



Figura 65: Muestra tratada con cloruro de calcio sometida a compresión



Figura 66: Muestras tratada con aceite sulfonado sometido a compresión

Compresion simple de muestras congeladas



Figura 67: Congelamiento de muestras a $-7.15\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Figura 68: Muestras congeladas para ser sometidas a compresión simple



Figura 69: Lectura de dial para compresión simple



Figura 70: Rotura de las muestras dosificadas con CaCl₂ a compresión siempre



Figura 71: Muestras congeladas sometidas a compresión

3.6.3.7. Ensayo de triaxial



Figura 72: Ensayo de triaxial

La preparación de las muestras para el ensayo triaxial es similar al de la compresión simple, y el control se realiza mediante una computadora con su respectivo programa.



Figura 73: Equipo triaxial

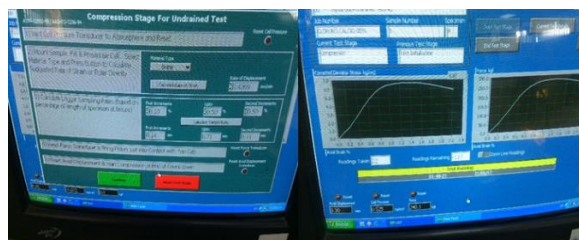


Figura 74: Procesamiento de datos de triaxial

3.6.3.8. Actividades para la conformación de una base granular

Para una mejor comprensión de estas actividades y para su posterior elaboración de análisis de costos unitarios y su respectiva valorización, se tendrá como antecedente a las actividades que se realizó en la obra “mejoramiento de la carretera desvió Desaguadero – Kelluyo (EMP PE 36A) Kelluyo – Pisacoma – Chucuito – Puno, tramo I – 19+976 km”

Material de canteras

Los materiales pueden estar en los puntos de acopio o en la cantera misma, y para la obtención de estos materiales se realiza las actividades de excavación y acopio, haciendo uso de la excavadora. En otras ocasiones cuando el material es de característica dura, se utiliza la tractor oruga y si es solo es hormigón se hace el uso del cargador frontal.

Para tener un mejor entendimiento para la realización de las sub-partidas de zarandeo, la idea se proyecta a la siguiente figura



Figura 75: Acopio y zarandeo de material en canteras

Transporte de material granular a más de 120 m (base)

Para la elaboración de las partidas de transporte la idea se ilustra en la siguiente figura, en donde las máquinas a utilizar solo son el cargador frontal y camión volquete.



Figura 76: Transporte de material de punto de acopio a tramo de conformación

Conformación de base granular

Para la valorización o elaboración del análisis de costo unitario de la partida, conformación de la base granular, se prosigue con el batido del material hasta llegar a la homogenización y paralelamente con el riego hasta llegar al contenido de humedad Óptimo calculado con el ensayo de proctor modificado, y terminar con el extendido y compactación hasta llegar a la densidad seca máxima requerida por el ensayo de proctor modificado. Lo que se muestra en las siguientes figuras.



Figura 77: Batido y conformación de base granular



Figura 78: Riego de material para conformación

3.6.4. Procedimiento de cálculos de los ensayos

3.6.4.1. Clasificación de suelos

El procedimiento se realiza para la cantera Chipana:

- De los datos de granulometría se tiene:

% Que pasa la malla N°4	:	46.07%
% Que pasa la malla N°10	:	34.48%
% Que pasa la malla N°40	:	17.46%
% Que pasa la malla N°200	:	5.15%
% Grava	:	53.93%



- De los datos de límites de consistencia:

L.L. : 25.20

I.P. : 8.45

- Se calcula el índice de grupo con la siguiente fórmula para la clasificación de suelos:

$$I.G. = (F200-35)*(0.2+0.005*(L.L.-40))+0.01*(F200-15)*(I.P.-10)$$

$$I.G.=(5.15-35)*(0.2+0.005*(25.20-40))+0.01*(5.15-15)*(8.45-10)$$

$$I.G.=-3.6084$$

Cuando el valor de I.G. resulta negativo se da por resultado el valor de “cero”

$$I.G.=0$$

Con los datos de límites de consistencia e índice de grupo se puede clasificar el suelo, por tanto pertenece a “A-2-4”, resultado anexado en los formatos de laboratorio.

3.6.4.2. Cálculos de límites de consistencia.

“los cálculos (límites de consistencia, Proctor modificado, CBR, compresión simple, triaxial) corresponden a la muestra tratada con aceite sulfonado al 0.50% de dosificación en peso de suelo seco.

Limite líquido

Cálculos:

- Contenido de humedad de cada una de las muestras tomadas

$$w(\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100 \dots\dots\dots (*)$$

Donde:

- W = contenido de Humedad.



- $W_w =$ Peso de agua
- $W_s =$ Peso seco

Tabla 30: Datos de L.L. en laboratorio

LIMITE LIQUIDO

Nº Tarra		S-16	S-19	S-23-3	S-22-3
Peso de la Tara	gr.	18.43	19.54	19.54	19.53
Tara + Suelo Humedo	gr.	40.8	40.13	38.19	36.18
Tara + Suelo Seco	gr.	36.66	36.4	34.85	33.27
Peso del Agua	gr.	4.14	3.73	3.34	2.91
Suelo Seco	gr.	18.23	16.86	15.31	13.74
% de Humedad		22.70	22.10	21.80	21.20
Nro De Golpes		20	26	32	39

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

- Peso de la tara.....(1)

$$S - 16 = 18.43 \text{ gr.}$$

$$S - 19 = 19.54 \text{ gr.}$$

$$S - 23 - 3 = 19.54 \text{ gr.}$$

$$S - 22 - 3 = 19.53 \text{ gr.}$$

- Tara más suelo Húmedo.....(2)

$$S - 16 = 40.80 \text{ gr.}$$

$$S - 19 = 40.13 \text{ gr.}$$

$$S - 23 - 3 = 38.19 \text{ gr.}$$

$$S - 22 - 3 = 36.18 \text{ gr.}$$

- Tara más Suelo Seco.....(3)

$$S - 16 = 36.66 \text{ gr.}$$

$$S - 19 = 36.40 \text{ gr.}$$



$$S - 23 - 3 = 34.85 \text{ gr.}$$

$$S - 22 - 3 = 33.27 \text{ gr.}$$

- Peso de agua.....(4)=(2) - (3)

$$\text{Peso de agua (Ww)} = (\text{Tara} + \text{Suelo Húmedo}) - (\text{Tara} + \text{Suelo Seco})$$

$$S - 16 = 40.80 \text{ gr.} - 36.66 \text{ gr.} = 4.14 \text{ gr.}$$

$$S - 19 = 40.13 \text{ gr.} - 36.40 \text{ gr.} = 3.73 \text{ gr.}$$

$$S - 23 - 3 = 38.19 \text{ gr.} - 34.85 \text{ gr.} = 3.34 \text{ gr.}$$

$$S - 22 - 2 = 36.18 \text{ gr.} - 33.27 \text{ gr.} = 2.91 \text{ gr.}$$

- Suelo seco.....(5)= (3) - (1)

$$\text{Suelo seco (Ws)} = (\text{Tara} + \text{Suelo seco}) - (\text{Peso de la Tara})$$

$$S - 16 = 36.66 \text{ gr.} - 18.43 \text{ gr.} = 18.23 \text{ gr.}$$

$$S - 19 = 36.40 \text{ gr.} - 19.54 \text{ gr.} = 16.86 \text{ gr.}$$

$$S - 23 - 3 = 34.85 \text{ gr.} - 19.54 \text{ gr.} = 15.31 \text{ gr.}$$

$$S - 22 - 2 = 33.27 \text{ gr.} - 19.53 \text{ gr.} = 13.74 \text{ gr.}$$

- Porcentaje de Humedad.....(6)=(4)/(5)*100

Reemplazamos en la ecuación:

$$w(\%) = \frac{Ww}{Ws} * 100 = \frac{4.14 \text{ gr}}{18.23 \text{ gr}} * 100 = 22.709 \%$$

$$w(\%) = 22.7\%$$

Para el número de Golpes: 25

$$S - 16 = \frac{4.14 \text{ gr.}}{18.23 \text{ gr.}} * 100 = 22.7\%$$



$$S - 19 = \frac{3.73 \text{ gr.}}{16.86 \text{ gr.}} * 100 = 22.1\%$$

$$S - 23 - 3 = \frac{3.34 \text{ gr.}}{15.31 \text{ gr.}} * 100 = 21.8\%$$

$$S - 22 - 2 = \frac{2.91 \text{ gr.}}{13.74 \text{ gr.}} * 100 = 21.2\%$$

Resumen de resultados de Límite Líquido:

Tabla 31: Resumen de resultados de L.L.

LÍMITE LÍQUIDO				
W (%)	22.71	22.12	21.82	21.18
Nro. De Golpes	20	26	32	39

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

$$\text{Promedio de N}^\circ \text{ de Golpes} = \frac{20 + 26}{2} = 23.0$$

$$\text{Promedio de N}^\circ \text{ de Golpes} = \frac{32 + 39}{2} = 35.5$$

$$\text{Promedio W}(\%) = \frac{22.71 + 22.12}{2} = 22.415$$

$$\text{Promedio W}(\%) = \frac{21.82 + 21.18}{2} = 21.50$$

Tabla 32: Dato para el cálculo de humedad para 25 golpes del L.L.

Para 25 Golpes			
Promedio W (%)	22.415	"X"	21.50
Promedio Nro. De Golpes	23	25	35.5
Log₁₀(N° de golpes)	1.36173	1.39794	1.55023

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

$$\frac{X - 22.145}{21.50 - 22.415} = \frac{1.39794 - 1.36173}{1.55023 - 1.36173}$$

$$X = \left[\frac{(1.39794 - 1.36173) * (21.50 - 22.415)}{(1.55023 - 1.36173)} \right] + 22.415$$



$$X = (-0.175767) + 22.415$$

$$X = 22.239$$

Límite líquido para 25 golpes es:

$$L. L. = 22.24\%$$

Límite plástico

Cálculos:

- Contenido de humedad de cada una de las muestras tomadas,

$$w(\%) = \frac{Ww}{Ws} * 100 \dots \dots \dots (*)$$

$$LP = \frac{W1 + W2 + W3 + \dots + Wn}{n} \dots \dots \dots (**)$$

Donde:

- W = contenido de Humedad.
- Ww = peso de agua presente en la masa de suelo.
- Ws = peso seco.
- LP = limite plástico.
- W = % de humedad.
- n = número de puntos de humedad tomados.

Tabla 33: Datos de L.P. en laboratorio

LIMITE PLASTICO					
Nº Tarra		S-60	S-55	S-53	T-04
Peso de la Tara	gr.	16.59	21.73	16.32	
Tara + Suelo Humedo	gr.	20.19	25.87	20.13	
Tara + Suelo Seco	gr.	19.68	25.26	19.58	
Peso del Agua	gr.	0.51	0.61	0.55	
Suelo Seco	gr.	3.09	3.53	3.26	
% de Humedad		16.5	17.3	16.9	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Procedimiento de cálculo:



- Peso de la tara(1)

$$S - 60 = 16.59 \text{ gr.}$$

$$S - 55 = 21.73 \text{ gr.}$$

$$S - 53 = 16.32 \text{ gr.}$$

- Tara más suelo húmedo..... (2)

$$S - 60 = 20.19 \text{ gr.}$$

$$S - 55 = 25.87 \text{ gr.}$$

$$S - 53 = 20.13 \text{ gr.}$$

- Tara más suelo seco.....(3)

$$S - 60 = 19.68 \text{ gr.}$$

$$S - 55 = 25.26 \text{ gr.}$$

$$S - 53 = 19.58 \text{ gr.}$$

- Peso del agua.....(4) = (2) - (3)

$$\text{Peso de agua } (W_w) = (\text{Tara} + \text{Suelo Húmedo}) - (\text{Tara} + \text{Suelo Seco})$$

$$S - 60 = 20.19 \text{ gr.} - 19.68 \text{ gr.} = 0.51 \text{ gr.}$$

$$S - 55 = 25.87 \text{ gr.} - 25.26 \text{ gr.} = 0.61 \text{ gr.}$$

$$S - 53 = 20.13 \text{ gr.} - 19.58 \text{ gr.} = 0.55 \text{ gr.}$$

- Suelo seco.....(5) = (3) - (1)

$$S - 60 = 19.68 \text{ gr.} - 16.59 \text{ gr.} = 3.09 \text{ gr.}$$

$$S - 55 = 25.26 \text{ gr.} - 21.73 \text{ gr.} = 3.53 \text{ gr.}$$



$$S - 53 = 19.58 \text{ gr.} - 16.32 \text{ gr.} = 3.26 \text{ gr.}$$

- Porcentaje de humedad.....(6)=(4)/(5)*100

$$S - 60 = \frac{0.51 \text{ gr.}}{3.09 \text{ gr.}} * 100 = 16.5\%$$

$$S - 55 = \frac{0.61 \text{ gr.}}{3.53 \text{ gr.}} * 100 = 17.3\%$$

$$S - 53 = \frac{0.55 \text{ gr.}}{3.26 \text{ gr.}} * 100 = 16.9\%$$

Aplicamos la fórmula:

$$LP = \frac{W1 + W2 + W3 + \dots + Wn}{n}$$

$$LP = \frac{16.50 + 17.30 + 16.90}{3}$$

$$LP = 16.90 \%$$

- **Índice de plasticidad**

$$IP = LL - LP$$

Donde:

- IP = índice de plasticidad
- LL = límite líquido
- LP = límite Plástico

Reemplazamos en la ecuación:

$$IP = 22.23\% - 16.90\%$$

$$IP = 5.33 \%$$



3.6.4.3. Cálculos del ensayo Proctor modificado

Cálculos

a. Densidad del suelo húmedo.

Área del molde (A):

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \dots \dots \dots (*)$$

Volumen del molde (V):

$$V = A * h \dots \dots \dots (**)$$

Diámetro del molde (D) = 15.24 cm (obtenido de la medición del molde con vernier).

Altura del molde (h) = 11.60 cm (obtenido de la medición del molde con vernier).

- Para el volumen del molde: $V = \frac{\pi * D^2}{4} * h = \frac{\pi * 15.24^2}{4} * 11.60 = 2116.01 \text{ cm}^3 \dots (1)$
- Para la densidad de suelo húmedo

Tabla 34: Datos del molde y muestra para Proctor modificado

		M-01	M-02	M-03	M-04
Peso suelo + molde	gr	10453	10695	10838	10772
Peso molde	gr	6013	6013	6013	6013
Peso suelo húmedo compactado	gr	4440	4682	4825	4759
Volumen del molde	cm3	2116.01	2116.01	2116.01	2116.01
Peso volumétrico húmedo	gr	2.098	2.213	2.280	2.249

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

- Peso suelo húmedo + molde (obtenido del pesado de la compactación)(2)

Molde 01= 10453 gr

Molde 02= 10695 gr

Molde 03= 10838 gr

Molde 04= 10772 gr

- Peso del molde (obtenido del pesado del molde en balanza) (3)



Molde 01= 6013 gr

Molde 02= 6013 gr

Molde 03= 6013 gr

Molde 04= 6013 gr

- Peso del suelo húmedo compactado.....(4) = (2)-(3)

Peso del suelo húmedo compactado 01 = 10453 gr – 6013 gr = 4440 gr

Peso del suelo húmedo compactado 02 = 10695 gr – 6013 gr= 4682 gr

Peso del suelo húmedo compactado 03 = 10838 gr – 6013 gr = 4825 gr

Peso del suelo húmedo compactado 04 = 10772 gr – 6013 gr = 4759 gr

- Densidad del suelo húmedo.....(5)= (4)/(1)

$$\rho_{\text{hum}} = \frac{W_{\text{hum}}}{V} \dots \dots \dots (*)$$

Densidad del suelo húmedo 01 = 4440 gr / 2116.01cm³ = 2.098 gr/cm³

Densidad del suelo húmedo 02 = 4682 gr / 2116.01cm³ = 2.213 gr/cm³

Densidad del suelo húmedo 03 = 4825 gr / 2116.01cm³ = 2.280 gr/cm³

Densidad del suelo húmedo 04 = 4759 gr / 2116.01cm³ = 2.249 gr/cm³

b. Contenido de humedad:

Tabla 35: Datos de contenido de humedad para Proctor modificado

Recipiente N°		K-02	C-8	G-02	T-05
Peso del suelo húmedo+tara	gr	631.11	605.51	508.95	552.96
Peso del suelo seco + tara	gr	607.25	572.73	474.37	508.58
Peso Tara	gr	76.76	62.95	63.66	84.03
Peso de agua	gr	23.86	32.78	34.58	44.38
Peso del suelo seco	gr	530.49	509.78	410.71	424.55
Contenido de agua	%	4.50	6.43	8.42	10.45
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.008	2.079	2.103	2.036

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

- Peso del suelo húmedo más tara.....(6)

Obtenido del pesado en balanza después de su secado en horno.

K-02 = 631.11 gr



$$C-8 = 605.51 \text{ gr}$$

$$G-02 = 508.95 \text{ gr}$$

$$T-05 = 552.96 \text{ gr}$$

- Peso de suelo seco más tara.....(7)

Obtenido del pesado en balanza después de la compactación.

$$K-02 = 607.25 \text{ gr}$$

$$C-8 = 572.73 \text{ gr}$$

$$G-02 = 474.37 \text{ gr}$$

$$T-05 = 508.58 \text{ g}$$

- Peso de tara.....(8)

$$K-02 = 76.76 \text{ gr}$$

$$C-8 = 62.95 \text{ gr}$$

$$G-02 = 63.66 \text{ gr}$$

$$T-05 = 84.03 \text{ gr}$$

- Peso de agua(9) = (6) – (7)

$$K-02 = 631.11 \text{ gr} - 607.25 \text{ gr} = 23.86 \text{ gr}$$

$$C-8 = 605.51 \text{ gr} - 572.73 \text{ gr} = 32.78 \text{ gr}$$

$$G-02 = 508.95 \text{ gr.} - 474.37 \text{ gr.} = 34.58 \text{ gr}$$

$$T-05 = 552.96 \text{ gr.} - 508.58 \text{ gr.} = 44.38 \text{ gr}$$

- Peso de suelo seco.....(10) = (7) – (8)

$$K-02 = 607.25 \text{ gr} - 76.76 \text{ gr} = 530.49 \text{ gr}$$

$$C-8 = 572.73 \text{ gr} - 62.95 \text{ gr} = 509.78 \text{ gr}$$

$$G-02 = 474.37 \text{ gr} - 63.66 \text{ gr} = 410.71 \text{ gr}$$

$$T-05 = 508.58 \text{ gr} - 84.03 \text{ gr} = 424.55 \text{ gr}$$

- Contenido de humedad..... (11) = (9) / (10) *100

$$K-02 = 23.86 \text{ gr} / 530.49 \text{ gr} * 100 = 4.50\%$$

$$C-8 = 32.78 \text{ gr} / 509.78 \text{ gr} * 100 = 6.43 \%$$

$$G-02 = 34.58 \text{ gr} / 410.71 \text{ gr} * 100 = 8.42 \%$$

$$T-05 = 44.38 \text{ gr} / 424.55 \text{ gr} * 100 = 10.45 \%$$

- c. **Densidad Seca:**(12) = (5) / (uno + (11)/100

$$\rho_s = \frac{\rho_{hum}}{1 + W} \dots\dots\dots (**)$$

$$K-02 = 2.098 \text{ gr/cm}^3 / (1 + 4.50/100) = 2.008 \text{ gr/cm}^3$$

$$C-8 = 2.213 \text{ gr/cm}^3 / (1+6.43/100) = 2.079 \text{ gr/cm}^3$$

$$G-02 = 2.280 \text{ gr/cm}^3 / (1 + 8.42/100) = 2.103 \text{ gr/cm}^3$$

$$T-05 = 2.249 \text{ gr/cm}^3 / (1+ 10.45/100) = 2.036 \text{ gr/cm}^3$$

- Gráfica del porcentaje de contenido humedad vs densidad seca.

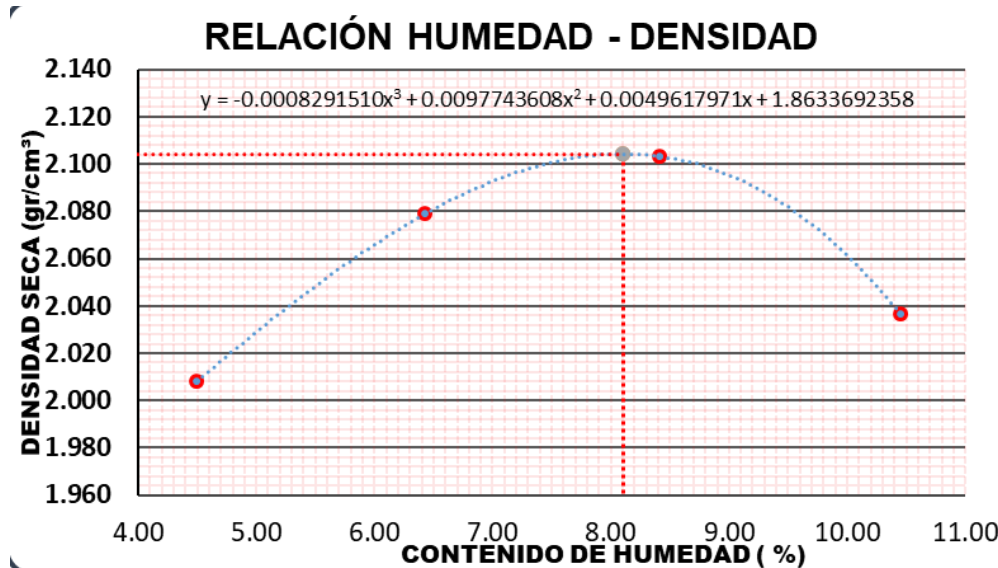


Figura 79: Curva de compactación para el procedimiento de cálculo

Gráficamente la densidad seca máxima (DSM) y contenido de humedad óptimo (CHO).

Con la ecuación aplicamos la resolución:



$$y = -0.0008291510 X^3 + 0.0097743608 X^2 + 0.0049617971X + 1.8633692358$$

Aplicamos la primera derivada, $dy/dx = 0$

$$dy/dx = 3 * (-0.0008291510)X^2 + 2 * (0.0097743608)X + 0.0049617971 = 0$$

$$\frac{dy}{dx} = -0.002487453X^2 + 0.0195487216X + 0.0049617971 = 0$$

$$x = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \dots \dots \dots \text{reemplazamos en la ecuación.}$$

$$x_1 = \frac{-(0.019548722) + \sqrt{(0.019548722)^2 - 4 * (-0.002487453) * (0.004961797)}}{2 * (-0.002487453)}$$

$$x_1 = -0.246109801$$

$$x_2 = \frac{-(0.019548722) - \sqrt{(0.019548722)^2 - 4 * (-0.002487453) * (0.004961797)}}{2 * (-0.002487453)}$$

$$x_2 = 8.105040844$$

El resultado: $x_2 = 8.105040844$ reemplazamos a la ecuación cúbica para obtener la densidad seca máxima (DSM).

$$y = -0.0008291510 (8.105040844)^3 + 0.0097743608 (8.105040844)^2 + 0.0049617971 * (8.105040844) + 1.8633692358$$

$$y = 2.10421$$

Por lo tanto, por métodos prácticas se trabaja

- Contenido de humedad óptimo = 8.105 %
- Densidad seca máxima = 2.104 gr/cm³

NOTA: El cálculo se realiza de la misma manera para todos los demás porcentajes de muestras sin tratar, cloruro de calcio y aceite sulfonado.



3.6.4.4. Cálculos del ensayo de CBR

Cálculos

- Tratado con aceite sulfonado al 0.5%
- Molde N° 01
- N° de capas: 5
- Golpes por capa N°: 56

Área de molde (A):

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \dots\dots\dots (*)$$

Volumen del molde (V):

$$V = A * h \dots\dots\dots (**)$$

Diámetro del molde (D) = 15.248 cm (obtenido de la medición del molde con vernier).

Altura del molde (h) = 12.521 cm (obtenido de la medición del molde con vernier).

- Para el volumen del molde: $V = \frac{\pi * D^2}{4} * h = \frac{\pi * 15.248^2}{4} * 12.521 = 2286.4 cm^3$
- Contención de la muestra: NO SATURADA
- Peso molde más suelo húmedo.....(1)

No saturado: 12896 gr

Saturado: 12925 gr

- Peso del molde.....(2)

No saturado: 7707 gr

Saturado: 7707 gr

- Peso de suelo húmedo.....(3)



No saturado: $12896-7707=5189$ gr

Saturado: $12925-7707=5218$ gr

- Volumen del molde.....(4)

No saturado: 2286 cm³

Saturado: 2286 cm³

- Densidad húmeda.....(5) = (3) / (4)

No saturado: $5189 \text{ gr}/2286 \text{ cm}^3 = 2.269 \text{ gr/cm}^3$

Saturado: $5218 \text{ gr}/2286 \text{ cm}^3 = 2.282 \text{ gr/cm}^3$

Contenido de humedad

- Tarro más suelo húmedo.....(6)

No saturado, M-25 = 135.17 gr

Saturado, M-08-01 = 114.67 gr

- Tarro más suelo seco.....(7)

No saturado, M-25 = 126.47 gr

Saturado, M-08-01 = 107.23 gr

- Peso del tarro.....(8)

No saturado, M-25 = 16.65 gr

Saturado, M-08-01 = 18.90 gr

- Peso del agua.....(9) = (6) - (7)

No saturado, M-25 = $135.17 \text{ gr} - 126.47 \text{ gr} = 8.70 \text{ gr}$

Saturado, M-08-01 = $114.67 \text{ gr} - 107.23 \text{ gr} = 7.44 \text{ gr}$

- Peso del suelo seco.....(10) = (7) - (8)

No saturado, M-25 = $126.47 \text{ gr} - 16.65 \text{ gr} = 109.82 \text{ gr}$

Saturado, M-08-01 = $107.23 \text{ gr} - 18.90 \text{ gr} = 88.33 \text{ gr}$



- Humedad (%).(11) = (9)/(10)*100

No saturado, M-25 = (8.70 gr/ 109.82)*100 = 7.92 %

Saturado, M-08-01 = (7.44 gr/ 88.33 gr)*100 = 8.42%

- Densidad seca.....(11) =(5)/(uno + (11)/100)

No saturado, M-25 = 2.269 /(1+7.92/100) = 2.102 gr/cm³

Saturado, M-08-01 = 2.282gr /(1+8.42/100) = 2.105 gr/cm³

a. Expansión

- Porcentaje de expansión.....(12)

$$\% \text{ expansión} = \frac{L_o - L_f}{H} \dots\dots\dots (*)$$

Lectura inicial (Lo).

Lectura final (Lf).

Altura =12.521 cm

0 horas, su dial (mm) es: 18.120; 24 horas, su dial (mm) es: 18.123

48 horas, su dial (mm) es: 18.126; 72 horas, su dial (mm) es: 18.130

96 horas, su dial (mm) es: 18.133

$$0 \text{ horas; } \% \text{ expansión} = \frac{(18.120-18.120)mm}{12.521 \text{ cm}} * 100 = 0.00$$

$$24 \text{ horas; } \% \text{ expansión} = \frac{(18.123-18.120)}{12.521} * 100 = 0.02$$

$$48 \text{ horas; } \% \text{ expansión} = \frac{(18.126-18.120)}{12.521} * 100 = 0.05$$

$$72 \text{ horas; } \% \text{ expansión} = \frac{(18.130-18.120)}{12.521} * 100 = 0.08$$

$$96 \text{ horas; } \% \text{ expansión} = \frac{(18.133-18.120)}{12.521} * 100 = 0.10$$

b. Penetración



- Lectura de dial en una deformación adquirida a una velocidad de 1.27

mm/min “deformación(mm)	:	lectura de dial(KN)”
▪ 0.000	:	0.00
▪ 0.640	:	4.33
▪ 1.270	:	8.21
▪ 1.910	:	11:74
▪ 2.540	:	14.87
▪ 3.820	:	18.99
▪ 5.090	:	22:03
▪ 6.360	:	24.13

- CBR a 0.1”o 2.54mm y 0.2”o 5.09mm de penetración:.....(14)
 - Para la penetración 0.1” la lectura de dial (div) es: 14.87
 - Para la penetración 0.2” la lectura de dial (div) es: 22.03
 - La lectura en carga es: 14.87*101.97= 1516.3 kg
 - La lectura en carga es: 22.03*101.97= 2246.4 kg

Por el área de penetración es: 19.35 cm²

Carga para 01” es: 1516.3 kg/19.35 cm² = 78.4 kg/cm²

Carga para 02” es: 2246.4 kg/19.35 cm² = 116.1 kg/cm²

Reemplazamos en las ecuaciones

$$(CBR 0.1" = 2.54 \text{ mm}) = \frac{\text{CARGA EN KG/CM}^2}{70.4} * 100 \dots\dots\dots (*)$$

$$(CBR 0.2" = 5.08 \text{ mm}) = \frac{\text{CARGA EN KG/CM}^2}{105.1} * 100 \dots\dots\dots (**)$$

$$(CBR 0.1" = 2.54 \text{ mm}) = \frac{78.4 \text{ kg/cm}^2}{70.4 \text{ kg/cm}^2} * 100 = 111.94 \%$$

$$(CBR 0.2" = 5.08 \text{ mm}) = \frac{116.1 \text{ kg/cm}^2}{105.1 \text{ kg/cm}^2} * 100 = 110.56 \%$$

Por lo tanto, escogemos el mayor:

$$CBR \text{ al } 100\% = 111.94\%$$

c. Densidad seca vs CBR

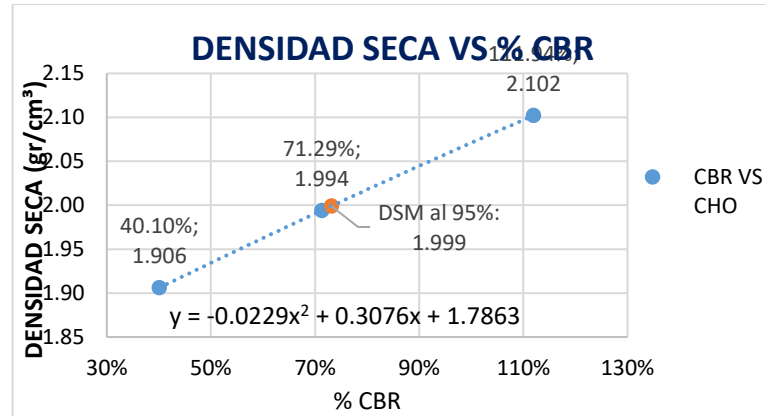


Figura 80: Densidad seca vs CBR para el procedimiento de cálculo

De la ecuación tenemos:

$$Y = -0.0229X^2 + 0.3076X + 1.7863$$

Con el valor obtenido, reemplazamos a la ecuación cuadrática corregida, para una densidad al 95%: 1.999

$$Y = -0.0229X^2 + 0.3076X - 0.2127$$

$\frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ reemplazamos en la ecuación.

$$x_1 = \frac{-0.3076 + \sqrt{(0.3076)^2 - 4 * (-0.0229) * (-0.2127)}}{2 * (-0.0229)}$$

$$x_1 = 0.7313$$

Entonces se tiene q el CBR al 95% de la densidad seca es de 73.13%

3.6.4.5. Cálculos del ensayo Abrasión los ángeles

CALCULOS

Para determinar el porcentaje de desgaste que sufrió el agregado pétreo después de haber sido sometido al ensayo en la máquina de los ángeles utilizamos la siguiente fórmula:



$$Pd = \left(\frac{Pa - Pb}{Pa} \right) * 100$$

Donde:

Pd = Porcentaje de desgaste ó pérdida (%).

Pa = Masa de la muestra seca antes del ensayo (gr).

Pb = Masa de la muestra seca después del ensayo, sobre el tamiz N° 12 (4.75 mm) gr.

Cantera Chipana se tiene los siguientes resultados obtenidos:

$$Pa = 5006.00 \text{ gr}$$

$$Pb = 3667.00 \text{ gr}$$

Reemplazamos en la ecuación:

$$Pd = \left(\frac{5006.00 - 3667.00}{5006.00} \right) * 100$$

$$Pd = 26.75\%$$

- Resistencia al Desgaste = 100% – porcentaje de pérdida
- Resistencia al Desgaste = 100% – 26.75% = 73.25%
- Resistencia al Desgaste = 73.25%

3.6.4.6. Cálculos del ensayo compresión simple no confinada

Los cálculos se realizan con la ayuda de la hoja de cálculo de Excel puesto que las deformaciones unitarias y las áreas corregidas trabajan con más de 10 decimales (ver resultados en anexos).

- **Peso de la muestra.....(1)**

Espécimen G-01= 1199.00 gr.

Espécimen G-02= 1203.00 gr.

Espécimen G-03= 1196.00 gr.

- **Diámetro de la muestra (D):(2)**

Espécimen G-01, su diámetro es: D = 7.31 cm.



Espécimen G-02, su diámetro es: $D = 7.32 \text{ cm}$.

Espécimen G-03, su diámetro es: $D = 7.29 \text{ cm}$.

- **Altura de la muestra (H) :.....(3)**

Espécimen G-01, su altura (H) es = 14.29 cm .

Espécimen G-02, su altura (H) es = 14.28 cm .

Espécimen G-03, su altura (H) es = 14.30 cm .

- **Área de la cara de la muestra (A):(4) = $\pi * (D)^2 / 4$**

$$\text{Espécimen G - 01, su área es} = \frac{\pi * (7.31 \text{ cm})^2}{4} = 41.97 \text{ cm}^2$$

$$\text{Espécimen G - 02, su área es} = \frac{\pi * (7.32 \text{ cm})^2}{4} = 42.08 \text{ cm}^2$$

$$\text{Espécimen G - 03, su área es} = \frac{\pi * (7.29 \text{ cm})^2}{4} = 41.74 \text{ cm}^2$$

- **Densidad de la muestra.....(5)=(1)/((4)*(3))**

$$\text{Espécimen G-01, su densidad de la muestra} = \frac{1199.00 \text{ gr.}}{41.97 \text{ cm}^2 * 14.29 \text{ cm}} = 2.00 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Espécimen G-02, su densidad de la muestra} = \frac{1203 \text{ gr.}}{42.08 \text{ cm}^2 * 14.28 \text{ cm}} = 2.00 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Espécimen G-03, densidad de la muestra} = \frac{1196.00 \text{ gr.}}{41.74 \text{ cm}^2 * 14.30 \text{ cm}} = 2.00 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

- **Humedad (W%):(6)**

Espécimen G-01= 8.10%

Espécimen G-02= 8.10%

Espécimen G-03= 8.10%

- **Deformación..... (7)**

0.00; 0.25; 0.50; 0.75; 1.00; 1.25; 1.50; 1.75; 2.00 (mm)

- **Lectura de carga en (KN).....(8)**



Espécimen G-01, su lectura es = 0.00; 0.09; 0.23; 0.45; 0.69; 0.93; 1.18; 1.27; 1.02

Espécimen G-02, su lectura es = 0.00; 0.12; 0.22; 0.41; 0.66; 1.07; 0.89; 0.60; 0.50

Espécimen G-03, su lectura es = 0.00; 0.10; 0.21; 0.38; 0.58; 0.81; 1.26; 1.63; 1.41

- **Deformación unitaria(9)=(7)*10 / (3)**

Espécimen G-01 (altura del molde es de 14.29cm =142.9mm)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} = \frac{0.00}{142.9} = 0.00; \frac{0.25}{142.9} = 0.002; \frac{0.50}{142.9} = 0.003; \frac{0.75}{142.9} = 0.005$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} = \frac{1.00}{142.9} = 0.007; \frac{1.25}{142.9} = 0.009; \frac{1.50}{142.9} = 1.010; \frac{1.75}{142.9} = 0.012$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} = \frac{2.00}{142.9} = 0.014$$

Espécimen G-02 (altura del molde es de 14.28cm =142.8mm)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} = 0.000; 0.002; 0.004; 0.005; 0.007; 0.009; 0.011; 0.012; 0.014$$

Espécimen G-02 (altura del molde es de 14.28cm =142.8mm)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} = 0.000; 0.002; 0.003; 0.005; 0.007; 0.009; 0.010; 0.012; 0.014$$

- **Área corregida(10) = (4) / (1-(9))**

$$A' = \frac{A_o}{(1 - \varepsilon)} \dots \dots \dots (*)$$

Espécimen G-01 (área del molde es de 41.9686)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} = \frac{41.97}{1 - 0.000} = 41.969; \frac{41.97}{1 - 0.002} = 42.042; \frac{41.97}{1 - 0.003} = 42.116$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} = \frac{41.97}{1 - 0.005} = 42.190; \dots \dots \dots; \frac{41.97}{1 - 0.014} = 42.564$$



Espécimen G-02 (área del molde es de 42.084)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = 42.084; 42.157; 42.231; 42.306; 42.380; 42.455; 42.530; 42.606; 42.681$$

Espécimen G-03 (área del molde es de 41.739)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = 41.739; 41.812; 41.886; 41.959; 41.033; 42.107; 42.182; 42.256; 42.331$$

- **Carga (kg):**(11)= (8)*1000/9.81

Espécimen G-01

$$P = \frac{0.00 * 1000}{9.81} = 0.000 \text{ kg}; \frac{0.09 * 1000}{9.81} = 9.174 \text{ kg}; \frac{0.23 * 1000}{9.81} = 23.445 \text{ kg}$$

$$P = \frac{0.45 * 1000}{9.81} = 45.872 \text{ kg}; \frac{0.69 * 1000}{9.81} = 70.336 \text{ kg}; \frac{0.93 * 1000}{9.81} = 94.801 \text{ kg}$$

$$P = \frac{1.18 * 1000}{9.81} = 120.284 \text{ kg}; \frac{1.27 * 1000}{9.81} = 129.460 \text{ kg};$$

$$P = \frac{1.02 * 1000}{9.81} = 103.976 \text{ kg}$$

Espécimen G-02

$$P = 0; 12.232; 22.426; 41.794; 67.278; 109.072; 90.724; 61.162; 50.968$$

Espécimen G-03

$$P = 0; 10.194; 21.407; 38.736; 59.123; 82.569; 128.440; 166.157; 143.731$$

- **Esfuerzo de corte.....(12)= (11) / (10)**

Espécimen G-01

$$\sigma = \frac{0.000}{41.969} = 0.000 \text{ kg/cm}^2; \frac{9.174}{42.042} = 0.218 \text{ kg/cm}^2; \frac{23.445}{42.116} = 0.557 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = \frac{45.872}{42.190} = 1.087 \text{ kg/cm}^2; \frac{70.336}{42.264} = 1.664 \text{ kg/cm}^2; \frac{94.801}{42.339} = 2.239 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = \frac{120.285}{42.414} = 2.836 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}; \frac{129.460}{42.489} = 3.047 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}; \frac{103.976}{42.564} = 2.443 \text{ kg/cm}^2$$

Espécimen G-02

$$\sigma = 0.000; 0.290; 0.531; 0.988; 1.587; 2.569; 2.133; 1.436; 1.194$$

Espécimen G-03

$$\sigma = 0.000; 0.244; 0.511; 0.923; 1.407; 1.961; 3.045; 3.932; 3.395$$

De la gráfica deformación vs esfuerzo desviador

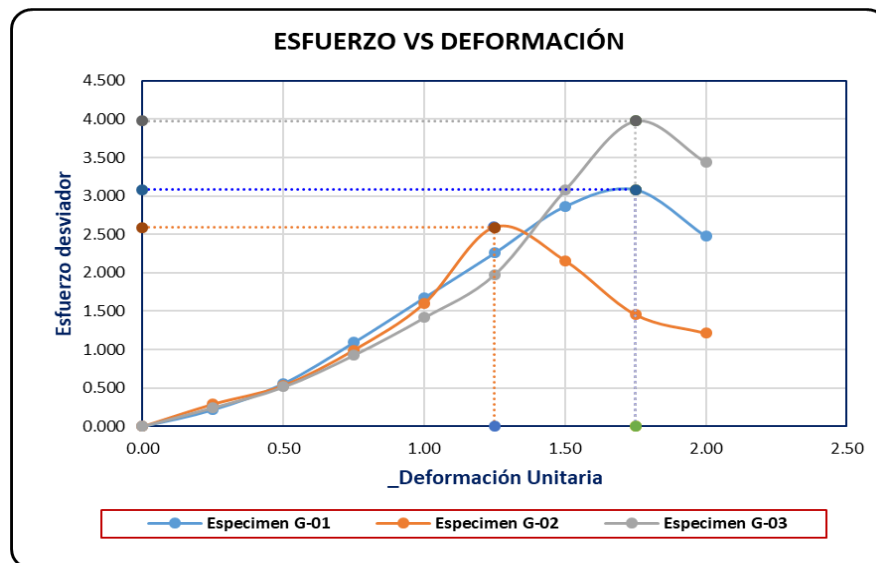


Figura 81: esfuerzo vs deformación para una compresión simple

Espécimen G -01

$$q_{\text{máx.}} = 3.047 \text{ kg/cm}^2 \text{ (el valor máximo de esfuerzo de corte)}$$

$$\text{Cohesión} = \frac{3.047 \text{ kg/cm}^2}{2} = 1.52 \text{ kg/cm}^2$$

Espécimen G -02

$$q_{\text{máx.}} = 2.569 \text{ kg/cm}^2 \text{ (el valor máximo de esfuerzo de corte)}$$

$$\text{Cohesión} = \frac{2.592 \text{ kg/cm}^2}{2} = 1.29 \text{ kg/cm}^2$$

Espécimen G -03

$$q_{\text{máx.}} = 3.980 \text{ kg/cm}^2 \text{ (el valor máximo de esfuerzo de corte)}$$

$$\text{Cohesión} = \frac{3.932 \text{ kg/cm}^2}{2} = 1.97 \text{ kg/cm}^2$$

- Resultado final.....(13)

$$\text{Promedio } q_{\text{máx}} = \frac{3.047 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} + 2.569 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} + 3.932 \text{ kg/cm}^2}{3} = 3.18 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{esfuerzo cortante} = 1.52 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} + 1.29 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} + 1.97 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 1.591 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

- Gráfica de círculo de Mohr.....(14)

Dibujado círculo de Mohr con centro en el punto (1.591,0) y radio 1.591

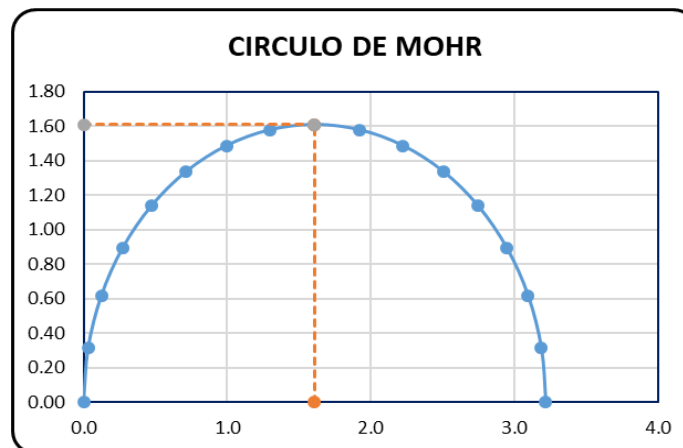


Figura 82: Círculo de Mohr para compresión simple

3.6.4.7. Cálculos del ensayo triaxial UU

“Los cálculos se realizan con la ayuda de la hoja de cálculo de Excel puesto que las deformaciones unitarias y las áreas corregidas trabajan con más de 10 decimales (ver resultados en anexos).”

0.50% de aceite sulfonado

- **Peso de la muestra**.....(1)

Espécimen 01= 1269.16 gr.

Espécimen 02= 1257.78 gr.



Espécimen 03= 1269.66 gr.

- **Diámetro de la muestra (D):**(2)

Espécimen -01, su diámetro es: $D = 7.18 \text{ cm}$.

Espécimen -02, su diámetro es: $D = 7.18 \text{ cm}$.

Espécimen -03, su diámetro es: $D = 7.19 \text{ cm}$.

- **Altura de la muestra (H) :**.....(3)

Espécimen -01, su altura (H) es = 14.26 cm .

Espécimen -02, su altura (H) es = 14.32 cm .

Espécimen -03, su altura (H) es = 14.40 cm .

- **Área de la cara de la muestra (A):**(4) = $\pi * (D)^2/4$

$$\text{Espécimen 01, su área es} = \frac{\pi * (7.18 \text{ cm})^2}{4} = 40.49 \text{ cm}^2$$

$$\text{Espécimen 02, su área es} = \frac{\pi * (7.18 \text{ cm})^2}{4} = 40.49 \text{ cm}^2$$

$$\text{Espécimen 03, su área es} = \frac{\pi * (7.19 \text{ cm})^2}{4} = 40.60 \text{ cm}^2$$

- **Densidad de la muestra**.....(5)=(1)/((4)*(3))

$$\text{Espécimen -01, su densidad de la muestra} = \frac{1269.16 \text{ gr.}}{40.49 \text{ cm}^2 * 14.26 \text{ cm}} = 2.20 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Espécimen -02, su densidad de la muestra} = \frac{1257.78 \text{ gr.}}{40.49 \text{ cm}^2 * 14.32 \text{ cm}} = 2.17 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Espécimen -03, densidad de la muestra} = \frac{1269.66 \text{ gr.}}{40.60 \text{ cm}^2 * 14.40 \text{ cm}} = 2.17 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

- **Humedad (W%):**(6)

Espécimen 01= 8.10%

Espécimen 02= 8.10%

Espécimen 03= 8.10%

- **Deformación (mm):**(7)



Espécimen 01

Deformación= 0.00; 0.15; 0.30; 0.45; 0.60; 0.76; 0.90; 1.05; 1.21; 1.36; 1.51; 1.66; 1.81;
1.96; 2.11; 2.27; 2.41; 2.56; 2.71; 2.86; 3.01; 3.17; 3.31; 3.47; 3.62; 3.77; 3.92; 4.06; 4.22;
4.37; 4.52; 4.68; 4.82; 4.97.

Espécimen 02

Deformación= 0.00; 0.15; 0.30; 0.45; 0.60; 0.75; 0.90; 1.05; 1.20; 1.35; 1.51; 1.65; 1.80;
1.95; 2.11; 2.26; 2.41; 2.56; 2.71; 2.86; 3.01; 3.16; 3.31; 3.46; 3.62; 3.77; 3.92; 4.07; 4.22;
4.37; 4.52; 4.67; 4.82; 4.97; 5.12; 5.28; 5.43; 5.58.

Espécimen 03

Deformación= 0.00; 0.15; 0.30; 0.45; 0.60; 0.75; 0.90; 1.05; 1.19; 1.34; 1.50; 1.64; 1.79;
1.95; 2.10; 2.25; 2.40; 2.55; 2.70; 2.85; 3.00; 3.15; 3.29; 3.45; 3.60; 3.74; 3.89; 4.04; 4.20;
4.34; 4.50; 4.65; 4.80; 4.95; 5.10; 5.26; 5.41; 5.56; 5.71; 5.86; 6.01; 6.16; 6.30; 6.46; 6.61;
6.76; 6.91; 7.06.

- **Deformación unitaria(8)=(7)*10 / (3)**

Espécimen – 01 (altura del molde es de 14.26cm =142.6)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{0.00}{142.6} = 0.0000; \frac{0.15}{142.6} = 0.0011; \frac{0.30}{142.6} = 0.0021$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{0.45}{142.6} = 0.0032; \dots \dots \dots; \frac{4.97}{142.6} * 10 = 0.0349$$

Espécimen – 02 (altura del molde es de 14.32cm =143.2)

(Ver resultados en anexos – hoja de cálculo)

Espécimen – 03 (altura del molde es de 14.26cm =144.0)

(Ver resultados en anexos – hoja de cálculo)

- **Área corregida(9) = (4) / (uno - (8))**



$$A' = \frac{A_o}{(1 - \varepsilon)} \dots \dots \dots (*)$$

Espécimen - 01 (área del molde es de 14.32cm =)

$$A' = \frac{40.489 \text{ cm}^2}{(1 - 0.0000)} = 40.489\text{cm}^2; \frac{40.489 \text{ cm}^2}{(1 - 0.0011)} = 40.533\text{cm}^2;$$

$$A' = \frac{40.489 \text{ cm}^2}{(1 - 0.0021)} = 40.575\text{cm}^2; \frac{40.89 \text{ cm}^2}{(1 - 0.0032)} = 40.618\text{cm}^2;$$

$$A' = ; \dots \dots \dots; \frac{40.49 \text{ cm}^2}{(1 - 0.0349)} = 41.952\text{cm}^2;$$

- **Lectura de carga (KN) :.....(10)**

Espécimen – 01

Lectura de carga (N) es: 0.00; 678.48; 1111.01; 1554.85; 1950.63; 2233.33; 2431.22; 2538.65; 2600.84; 2629.11; 2637.59; 2651.73; 2651.73; 2629.11; 2600.84; 2572.57; 2544.30; 2487.76; 2431.22; 2346.41; 2289.87; 2176.79; 2091.98; 1978.90; 1865.82; 1752.74; 1667.93; 1611.39; 1526.58; 1470.04; 1413.50; 1356.96; 1323.04; 1294.77

Espécimen – 02

Lectura de carga (N) es: 0.00; 395.78; 735.02; 1125.15; 1526.58; 1916.71; 2261.60; 2572.57; 2793.08; 2990.97; 3118.18; 3222.78; 3307.59; 3364.13; 3392.40; 3420.67; 3443.29; 3448.94; 3443.29; 3420.67; 3392.40; 3364.13; 3335.86; 3307.59; 3251.05; 3202.99; 3160.59; 3095.57; 3024.89; 2940.08; 2883.54; 2807.21; 2742.19; 2680.00; 2600.84; 2544.30; 2487.76; 2431.22.

Espécimen – 03

Lectura de carga (N) es: 0.00; 84.81; 226.16; 616.26; 1026.20; 1498.31; 2001.52; 2544.30; 3053.16; 3485.69; 3844.72; 4070.88; 4248.98; 4381.85; 4461.01; 4523.20; 4579.74; 4608.01; 4608.01; 4658.90; 4664.55; 4692.82; 4692.82; 4692.82; 4673.03; 4664.55; 4636.28; 4630.63; 4608.01; 4574.09; 4537.33; 4494.93; 4466.66; 4438.39;



4404.47; 4353.58; 4325.31; 4297.04; 4240.50; 4212.23; 4183.96; 4150.04; 4099.15;
4070.88; 4042.61; 4008.69; 3980.42; 3952.15

- **Carga (kg) :.....(11) = (10)/9.81**

Espécimen – 01

$$P = \frac{0.00}{9.81} = 0.00; \frac{678.48}{9.81} = 69.16; \frac{1111.01}{9.81} = 113.25; \frac{1554.85}{9.81} = 158.5;$$

$$P = \frac{1950.63}{9.81} = 198.84; \dots \dots \dots; \frac{1294.7660}{9.81} = 131.98$$

Espécimen – 02

(Ver resultados en anexos – hoja de cálculo)

Espécimen – 03

(Ver resultados en anexos – hoja de cálculo)

- **Esfuerzo desviador (kg/cm²) :.....(12) = (11)/(9)**

Espécimen - 01

$$\sigma = \frac{0.00}{40.489} = 0.000; \frac{69.16}{40.533} = 1.706; \frac{113.25}{40.575} = 2.791; \frac{158.50}{40.618} = 3.902$$

$$\sigma = \frac{198.84}{40.662} = 4.890; \frac{227.66}{40.705} = 5.593; \dots \dots \dots; \frac{131.98}{41.952} = 3.146$$

Espécimen – 02

(Ver resultados en anexos – hoja de cálculo)

Espécimen – 03

(Ver resultados en anexos – hoja de cálculo)

- **$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma$ (12)**

Espécimen - 01 (Presión de celda: $\sigma_3 = 0.510 \text{ kg/cm}^2$)

$$\sigma_1 = 0.510 + 0.000 = 0.51 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}; 0.510 + 1.706 = 2.22 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2};$$

$$\sigma_1 = 0.510 + 2.791 = 3.30 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}; 0.510 + 3.902 = 4.41 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2};$$



$$\sigma_1 = 0.510 + 4.890 = 5.40 \frac{kg}{cm^2}; 0.510 + 5.593 = 6.10 \frac{kg}{cm^2};$$

$$\sigma_1 = \dots \dots \dots; 0.510 + 3.146 = 3.66 \frac{kg}{cm^2};$$

Espécimen - 02 (Presión de celda: $\sigma_3 = 1.016 \text{ kg/cm}^2$)

(Ver resultados en anexos – hoja de cálculo)

Espécimen - 03 (Presión de celda: $\sigma_3 = 1.550 \text{ kg/cm}^2$)

(Ver resultados en anexos – hoja de cálculo)

• $p = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \text{ [kg/cm}^2\text{]}: \dots \dots \dots (13)$

Espécimen - 01 (Presión de celda: $\sigma_3 = 0.510 \text{ kg/cm}^2$)

$$p = \frac{0.51 + 0.510}{2} = 0.51; \frac{2.22 + 0.510}{2} = 1.36; \frac{3.30 + 0.510}{2} = 1.91$$

$$p = \frac{4.41 + 0.510}{2} = 2.46; \frac{5.40 + 0.510}{2} = 2.96; \frac{6.10 + 0.510}{2} = 3.31$$

$$p = \dots \dots \dots; \frac{3.66 + 0.510}{2} = 2.08$$

Espécimen - 02 (Presión de celda: $\sigma_3 = 1.016 \text{ kg/cm}^2$)

(Ver resultados en anexos – hoja de cálculo)

Espécimen - 03 (Presión de celda: $\sigma_3 = 1.550 \text{ kg/cm}^2$)

(Ver resultados en anexos – hoja de cálculo)

• $q = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \text{ [kg/cm}^2\text{]}: \dots \dots \dots (14)$

Espécimen - 01 (Presión de celda: $\sigma_3 = 0.510 \text{ kg/cm}^2$)

$$q = \frac{0.51 - 0.510}{2} = 0.00; \frac{2.22 - 0.510}{2} = 0.85; \frac{3.30 - 0.510}{2} = 1.40$$

$$q = \frac{4.41 - 0.510}{2} = 1.95; \frac{5.40 - 0.510}{2} = 2.45; \frac{6.10 - 0.510}{2} = 2.80$$

$$q = \dots \dots \dots; \frac{3.660 - 0.510}{2} = 1.57$$

Espécimen - 02 (Presión de celda: $\sigma_3 = 1.016 \text{ kg/cm}^2$)



(Ver resultados en anexos – hoja de cálculo)

Espécimen - 03 (Presión de celda: $\sigma_3 = 1.550 \text{ kg/cm}^2$)

(Ver resultados en anexos – hoja de cálculo)

- $\frac{q}{p}$:.....(15)

Espécimen - 01 (Presión de celda: $\sigma_3 = 0.510 \text{ kg/cm}^2$)

$$\frac{q}{p} = \frac{0.00}{0.51} = 0.00; \frac{0.85}{1.36} = 0.63; \frac{1.40}{1.91} = 0.73; \frac{1.95}{2.47} = 0.79; \frac{2.45}{2.97} = 0.83$$

$$\frac{q}{p} = \frac{2.80}{3.32} = 0.85; \dots \dots \dots; \frac{1.57}{2.14} = 0.76$$

Espécimen - 02 (Presión de celda: $\sigma_3 = 1.016 \text{ kg/cm}^2$)

(Ver resultados en anexos – hoja de cálculo)

Espécimen - 03 (Presión de celda: $\sigma_3 = 1.550 \text{ kg/cm}^2$)

(Ver resultados en anexos – hoja de cálculo)

- σ_1/σ_3 (Oblicuidad)..... (16)

Espécimen - 01 (Presión de celda: $\sigma_3 = 0.510 \text{ kg/cm}^2$)

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_3} = \frac{0.510}{0.510} = 1.00; \frac{2.22}{0.510} = 4.35; \frac{3.30}{0.510} = 6.47; \frac{4.41}{0.510} = 8.65; \frac{5.40}{0.510} = 10.59;$$

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_3} = \frac{6.10}{0.510} = 11.97; \dots \dots \dots; \frac{3.66}{0.510} = 7.17$$

Espécimen - 02 (Presión de celda: $\sigma_3 = 1.016 \text{ kg/cm}^2$)

(Ver resultados en anexos – hoja de cálculo)

Espécimen - 03 (Presión de celda: $\sigma_3 = 1.550 \text{ kg/cm}^2$)

(Ver resultados en anexos – hoja de cálculo)

Resultados.....(17)

Espécimen - 01

- $q_{\text{máx}} = 6.598 \text{ kg/cm}^2$

- Deformación = 1.66 mm.

Espécimen -02

$$q_{\text{máx}} = 8.523 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Deformación Unitaria} = 2.56 \text{ mm.}$$

Espécimen -03

$$q_{\text{máx}} = 11.625 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Deformación Unitaria} = 3.15 \text{ mm.}$$

Deformación axial vs Esfuerzo desviador.....(18)

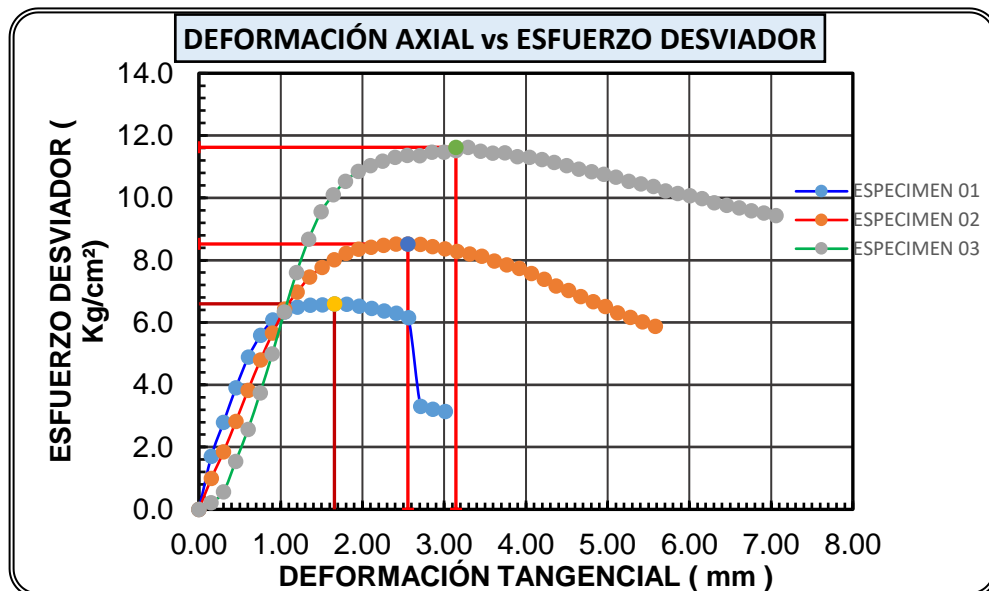


Figura 83: Esfuerzo vs deformación en triaxial

Graficando el círculo de Mohr.

Espécimen 01:

$$\text{Esfuerzo de falla axial} = 6.598 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Esfuerzo de falla total} = 6.598 + 0.510 = 7.108 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Presión de celda} = 0.510 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Origen en el eje "x"} = (7.108 + 0.510) / 2 = 3.809$$

$$\text{Radio} = 6.598 / 2 = 3.299$$

Espécimen 02:

$$\text{Esfuerzo de falla axial} = 8.523 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Esfuerzo de falla total} = 8.523 + 1.016 = 9.539 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Presión de celda} = 1.016 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Origen en el eje "x"} = (9.539 + 1.016) / 2 = 5.278$$

$$\text{Radio} = 8.523 / 2 = 4.262$$

Espécimen 03:

$$\text{Esfuerzo de falla axial} = 11.625 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Esfuerzo de falla total} = 11.625 + 1.55 = 13.175 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Presión de celda} = 1.55 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Origen en el eje "x"} = (13.175 + 1.55) / 2 = 7.363$$

$$\text{Radio} = 11.625 / 2 = 5.813$$

Graficando el círculo de Mohr para cada espécimen con centro eje "x=variable de acuerdo a los cálculos", eje "y=0", y radio=de acuerdo a los cálculos.

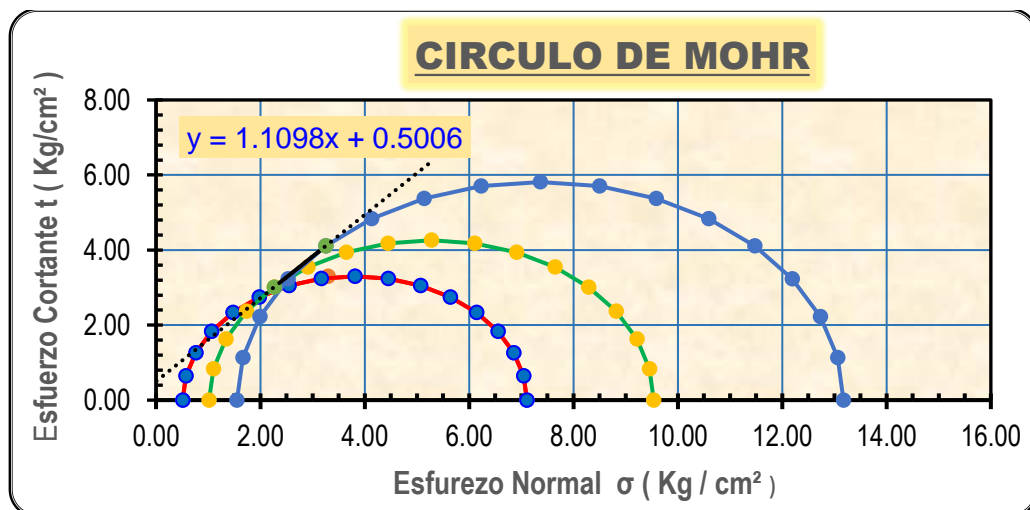


Figura 84: Círculo de Mohr para triaxial

Buscando una tangente que intercepte los 3 puntos se tiene una ecuación lineal para el cálculo de la cohesión (intersección en el eje de los "y") y el ángulo de fricción (el ángulo de inclinación de dicha ecuación lineal).

$$Y = 1.1098x + 0.5006$$

Intersección en el eje “y” igualando $x=0$

$Y=0.5006$: cohesión

Tangente del ángulo :

$\text{Atan}(1.1089)$ = ángulo de fricción

Angulo de fricción = 47.96°

3.7. VARIABLES

Operacionalización de las variables:

Variable dependiente: Base granular

Variables independientes: Aceite sulfonado y cloruro de calcio

Denominación nominal: características físico–mecánicas.

Definición operacional:

Tabla 36: Operacionalización de las variables de acuerdo al reglamento

Indicadores	Índices
1 Límite líquido	35% máx.
2 Índice de plasticidad	4-9%
3 Abrasión	40 % máx.
4 CBR	80% min
5 Granulometría	Gradación A

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 37: Operacionalización de las variables de acuerdo al grupo control

1 Contenido de humedad	> Grupo control
2 Densidad seca máxima	> Grupo control
3 Expansión	< Grupo control
4 Resistencia última	> Grupo control
5 Cohesión	< Grupo control
6 Ángulo de fricción	> Grupo control

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Resultados de muestras no tratadas

4.1.1.1. Cantera Chipana

Se hará el análisis sobre la muestra representativa de la cantera Chipana, siguiendo con los ensayos correspondientes para el grupo control.

Contenido de humedad natural

El contenido de la humedad natural obtenida en el laboratorio de suelos, es de 16.70%, este dato es elevado por que el muestro se realizó en épocas de lluvia, lo que demuestra que varía según las estaciones del año.

Contenido de humedad alterada

Las muestras secadas al sol, que son secadas de manera natural y no utilizando equipos como son un horno, poseen un contenido de humedad mínimo, y para este suelo el contenido de humedad mínimo es 2.0%, es con esta cantidad de humedad que se debe hacer la corrección para los replanteos del ensayo de CBR

Granulometría

Con la muestra representativa se tiene como resultado la siguiente figura.

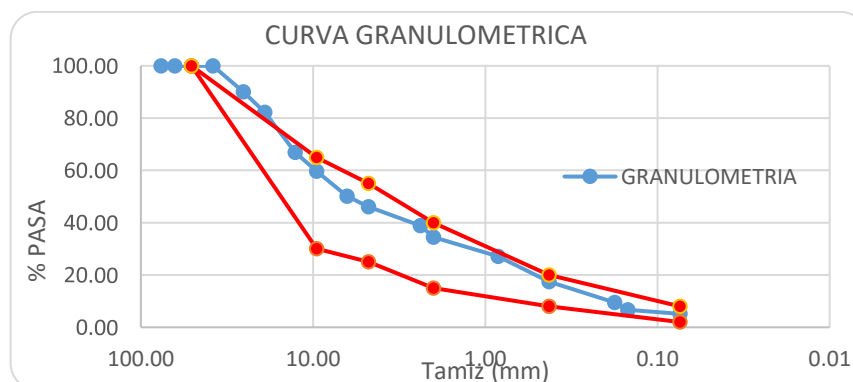


Figura 85: Granulometría cantera Chipana

De la gráfica se tiene que el agregado grueso excede el límite máximo permitido según a las especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013.

Con los datos obtenidos con el ensayo de granulometría y límites de consistencia en la siguiente tabla, se puede clasificar los suelos según AASHTO Y SUCS.

Tabla 38: Características de la granulometría de cantera Chipana

Descripción de la muestra	
Cu=	52.94
Cc=	0.996
% Grava:	53.93
% Arena:	40.92
% Finos:	5.15
L.L.=	19.91
L.P.=	16.45
I.P.=	3.46

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Clasificación según AASHTO:

Con los datos obtenidos del ensayo de granulometría se tiene:

Tabla 39: Características para la clasificación AASTHO cantera Chipana

% Que pasa la malla N° 4	46.07	%
% Que pasa la malla N.º 10	34.48	%
% Que pasa la malla N.º 40	17.46	%
% Que pasa la malla N.º 200	5.15	%
% Grava	53.93	%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Donde por fórmula se calcula el índice de grupo:

$$I.G. = (F_{200} - 35) * [0.2 + 0.005 * (LL - 40)] + 0.01 * (F_{200} - 15) * (IP - 10)$$

Se tiene un resultado de -3.6088, donde se toma en valor de: 0

Con estos resultados mostrados en las tablas anteriores y los datos calculados se tiene la siguiente clasificación:

“material granular”

“A-2-4 gravas y arenas limosas o arcillosas”

Clasificación según S.U.C.S.

Con el ensayo de granulometría se tiene los siguientes datos para la clasificación:

Tabla 40: Características para la clasificación SUCS cantera Chipana

% Que pasa la malla N° 4	46.07	%
% Que pasa la malla N° 10	34.48	%
% Que pasa la malla N° 40	17.46	%
% Que pasa la malla N° 200	5.15	%
% Grava	53.93	%
% Arena	40.92	%
% Finos	5.15	%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Con estos resultados el suelo se puede clasificar como:

“Suelo de partículas gruesas”

“Grava mal graduado con arcilla arena GPGC”

Límites de consistencia

Límite líquido

Con los datos obtenidos en laboratorio lo cual están anexados en la siguiente investigación se tiene la siguiente gráfica.

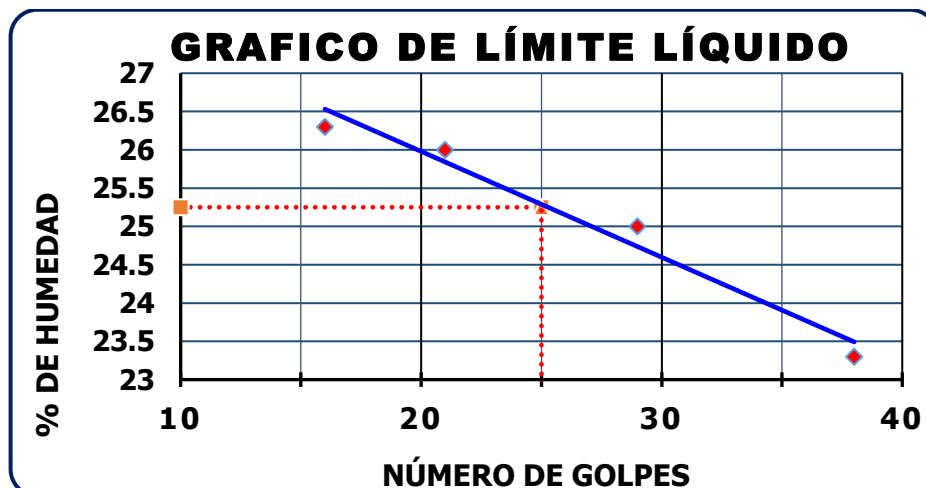


Figura 86: Gráfico de límite líquido muestra sin tratar

Donde el límite líquido es de “25.10”

Límite plástico

El porcentaje de humedad mínimo con lo que la muestra se comporta de manera plástica es de “16.75”

Proctor modificado

Para graficar la curva de compactación, en donde dicha curva nos indica el contenido de humedad óptimo para llegar la máxima densidad seca.

Se calcula la máxima densidad seca, dosificando a la muestra secada de forma natural a diferentes contenidos de humedad, obteniendo así un punto máximo como se muestra en la siguiente figura:

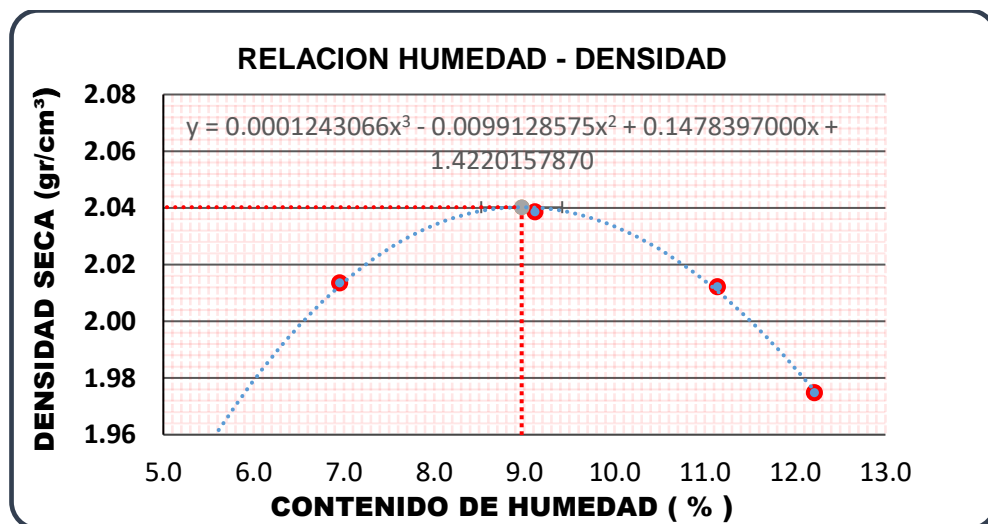


Figura 87: Relación humedad - densidad muestra no tratada

En donde se tiene que:

- Contenido de humedad óptimo: 8.97 %
- Densidad seca máxima: 2.04 gr/cm²

Ensayo de CBR

Con los datos obtenidos en el ensayo de Proctor modificado, contenido de humedad óptimo y densidad seca máxima, se replantea para llegar a dichos datos, teniendo en cuenta que la muestra secada de manera natural no está al 100 % seca, donde primero se calcula la humedad modificada.

El contenido de humedad después de ser secada de forma natural es de 2%, con lo que este contenido de humedad se le resta al contenido de humedad óptimo.

Para el replanteo se comenzará con un contenido de humedad de 7%, por lo que es preferente trabajar con la porción seca del suelo.

Los resultados obtenidos en laboratorio de suelos son:

Tabla 41: Resultados de CBR cantera Chipana

ENSAYO DE CBR			
	12	25	56
	GOLPES	GOLPES	GOLPES
Humedad	8.81	9.08	8.61
Densidad	1.82	1.93	2.02
CBR	32.49%	47.78%	55.66%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Estos datos se pueden ver ilustradas en la siguiente figura

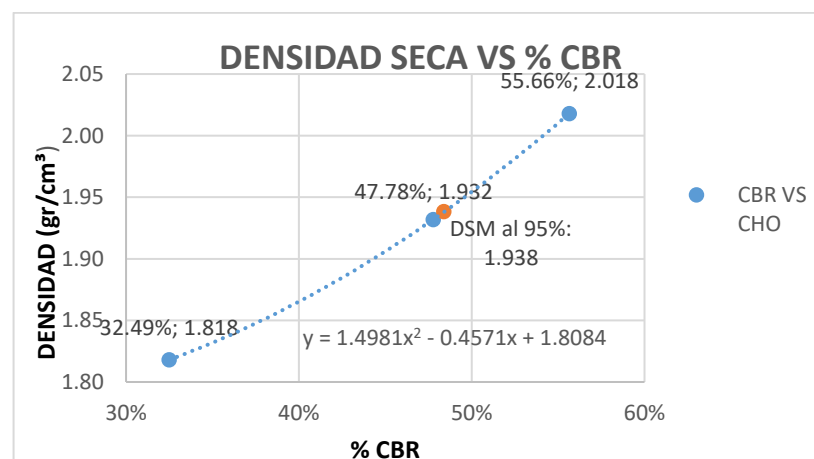


Figura 88: CBR al 95% muestra no tratada

De la tabla anterior se observa que en CBR del suelo en estudio al no ser tratada a la densidad de 2.02 gr/cc y a una penetración de 0.2” es de 55.66. Lo cual nos indica que según la normativa peruana es apto para la sub-rasante ya que tiene un $CBR \geq 6\%$, de la misma manera es apto para la sub-base (CBR min 40%). No obstante, no es apto para la base (CBR min 80) (Ministerio de Transporte y Comunicaciones “EG”, 2013).

De la misma manera se puede ver la expansión que genera la arcilla al tener contacto con el agua.

Tabla 42: Resultados de expansión cantera Chipana

	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	TIEMPO
EXPANSIÓN %	0	0	0	0 HRS
	0.4	0.24	0.12	24 HRS
	0.76	0.44	0.2	48 HRS
	1.09	0.56	0.28	72 HRS
	1.29	0.65	0.32	96 HRS

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

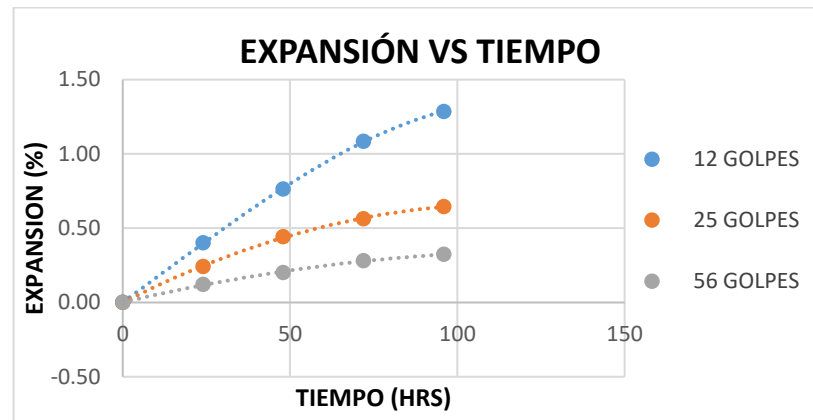


Figura 89: Expansión muestra no tratada

Mientras la filtración del agua sobre la muestra sea mínima, la expansión se reduce, esto se consigue a mayor compactación reduciendo los espacios vacíos que pueda ocupar el agua.

Ensayo de abrasión

Del ensayo realizado en laboratorio con la máquina los ángeles, se tiene una pérdida de 26.5% mostrada en la tabla siguiente:

Tabla 43: Datos de abrasión cantera Chipana

Peso Inicial	5006
Retenido en la Malla N° 12	3667
Que pasa la Malla N° 12	1339
% de Perdida	26.75%
PERDIDA PROMEDIO %	26.75%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 44: Resultados de abrasión cantera Chipana
RESISTENCIA AL DESGASTE = 73.25%

PORCENTAJE DE PERDIDA = 26.75%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La normativa peruana indica que el desgaste que requiere para la construcción de la base es de 40% máximo. Por lo que cumple con las características físicas (Ministerio de Transporte y Comunicaciones “EG”, 2013).

4.1.1.2. Cantera Challacollo

Se hará el análisis sobre la muestra representativa de la cantera Challacollo, siguiendo con los ensayos correspondientes para el grupo control.

Contenido de humedad natural

El contenido de la humedad natural es obtenida en el laboratorio de suelos, es de 12.70%, este dato es elevado por que el muestro se realizó en épocas de lluvia, lo que demuestra que varía según las estaciones del año

Granulometría

De la muestra representativa se tiene como resultado la siguiente figura.

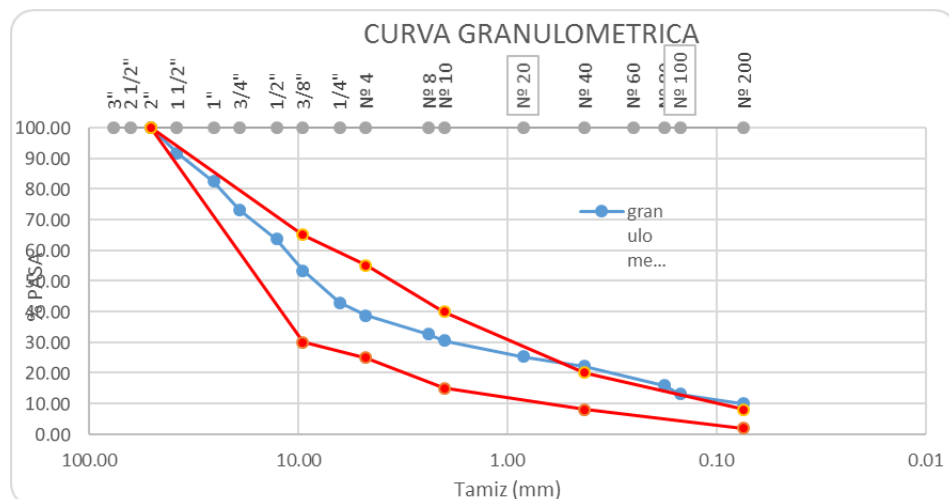


Figura 90: Curva granulométrica cantera Challacollo

De la gráfica se tiene que el agregado fino excede el límite máximo permitido según a las especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013.

Con los datos obtenidos con el ensayo de granulometría y límites de consistencia en la siguiente tabla, se puede clasificar los suelos según AASTHO Y SUCS.

Tabla 45: Características de la granulometría de cantera Challacollo

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
% Grava:	61.23
% Arena:	28.79
% Finos:	9.98
L.L.=	NP
L.P.=	NP
I.P.=	NP

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Clasificación según AASHTO:

Con los datos obtenidos del ensayo de granulometría se tiene:

Tabla 46: Características para clasificación AASTHO cantera Challacollo

% Que pasa la malla N° 4	38.77 %
% Que pasa la malla N° 10	30.45 %
% Que pasa la malla N° 40	22.15 %
% Que pasa la malla N° 200	9.97 %
% Grava	61.24 %

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Donde por fórmula se calcula el índice de grupo:

$$I.G. = (F_{200} - 35) * [0.2 + 0.005 * (LL - 40)] + 0.01 * (F_{200} - 15) * (IP - 10)$$

Se tiene un resultado de 0.502, donde se toma el valor de: 0.5

Con estos resultados mostrados en las tablas anteriores y los datos calculados se tiene la siguiente clasificación:

“material granular”

“A-2-1 piedra, gravas y arena”

Clasificación según SUCS.

Con el ensayo de granulometría se tiene los siguientes datos para la clasificación



Tabla 47: Características para la clasificación SUCS cantera Challacollo

% Que pasa la malla N° 4	38.76 %
% Que pasa la malla N° 10	30.45 %
% Que pasa la malla N° 40	22.15 %
% Que pasa la malla N° 200	9.97 %
% Grava	61.24 %
% Arena	28.79 %
% Finos	9.97 %

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Con estos resultados el suelo se puede clasificar como:

“Suelo de partículas gruesas”

“Grava mal graduado con limo con arena GPGM”

Límites de consistencia

El hormigón por no tener cohesión, no tiene plasticidad mucho menos un comportamiento líquido, por lo que es un suelo:

“No plástico”

Ensayo de abrasión

Del ensayo realizado en el laboratorio con la máquina los ángeles, se tiene una pérdida de 22.99% mostrada en la tabla siguiente:

Tabla 48: Datos para abrasión cantera Challacollo

Peso Inicial	5002
Retenido en la Malla N° 12	3852
Que pasa la Malla N° 12	1150
% de Perdida	22.99%
PERDIDA PROMEDIO %	22.99%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 49: Resultados de abrasión cantera Challacollo

RESISTENCIA AL DESGASTE =	77.01%
PORCENTAJE DE PERDIDA =	22.99%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

La normativa peruana, indica, que el desgaste que se requiere para la construcción de una base es de 40% máximo. Por lo que cumple con las características físicas (Ministerio de Transporte y Comunicaciones “EG”, 2013).

4.1.2. Resultados de muestras tratadas

4.1.1.1. Resultados con aditivo aceite sulfonado

Para realizar los ensayos correspondientes se realiza la dosificación del aditivo en 0.15%, 0.30%, 0.50% de peso de la muestra seca.

Límites de consistencia

Límite líquido

El resultado que se obtuvo con la adición del aditivo, el valor de límite líquido disminuye respecto a la muestra sin tratar (sin aditivo), con la aplicación del aditivo aceite sulfonado el valor de límite líquido se incrementa respecto al incremento mínimo de la dosificación.

Límite plástico

Con la aplicación del aceite sulfonado el valor de límite plástico disminuye.

Tabla 50: Límites de consistencia de muestra tratada con aceite sulfonado

Ensayo de límites de consistencia				
	Sin tratar	Aceite sulfonado al 0.15%	Aceite sulfonado al 0.30%	Aceite sulfonado al 0.5%
Límite líquido	25.1	22.00	22.04	22.24
Límite plástico	16.75	17.25	17.15	17.1
Índice de plasticidad	8.35	4.75	4.89	5.14

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

A continuación, se muestra un diagrama de barras con los resultados de lo ocurrido con la adición del aditivo aceite sulfonado en las dosificaciones correspondientes:

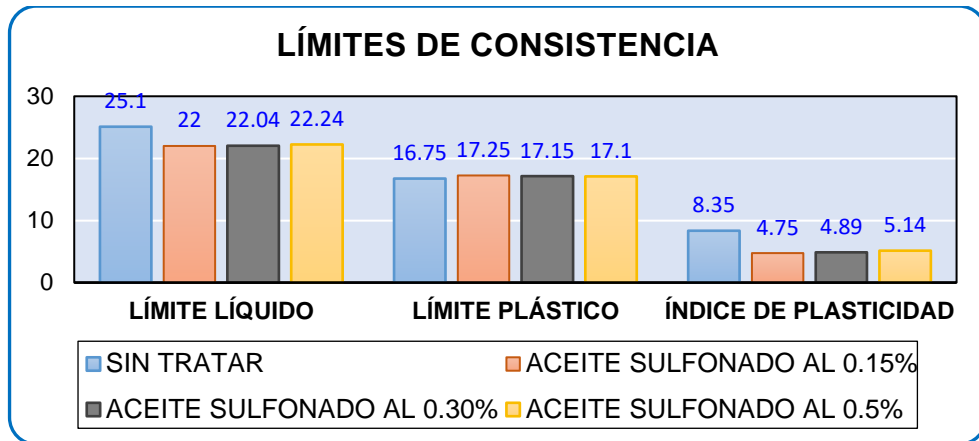


Figura 91: Histograma de resultados de límites de consistencia de muestra tratada con aceite sulfonado

Ensayo de Proctor modificado

Al aplicar el aditivo aceite sulfonado, se obtuvo el incremento de la densidad seca máxima y la reducción del contenido de humedad óptimo.

El ensayo de Proctor modificado se trabajó a diferentes contenidos de humedad para la dosificación. En la siguiente tabla 51 se muestra la evolución de la densidad seca máxima y la reducción del contenido de humedad Óptimo.

Tabla 51: Proctor modificado de muestra tratada con aceite sulfonado

Ensayo de Proctor				
	Sin tratar	Aceite sulfonado al 0.15%	Aceite sulfonado al 0.30%	Aceite sulfonado al 0.5%
Densidad seca máxima	2.0403	2.081	2.0951	2.1042
% contenido de humedad óptimo	8.9706	8.5274	8.303	8.105

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

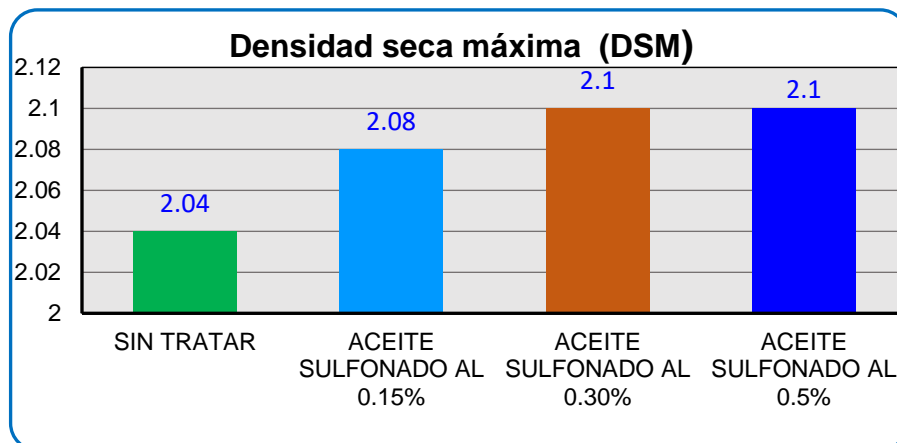


Figura 92: Histograma de resultados de densidad seca máxima de muestra tratada con aceite sulfonado

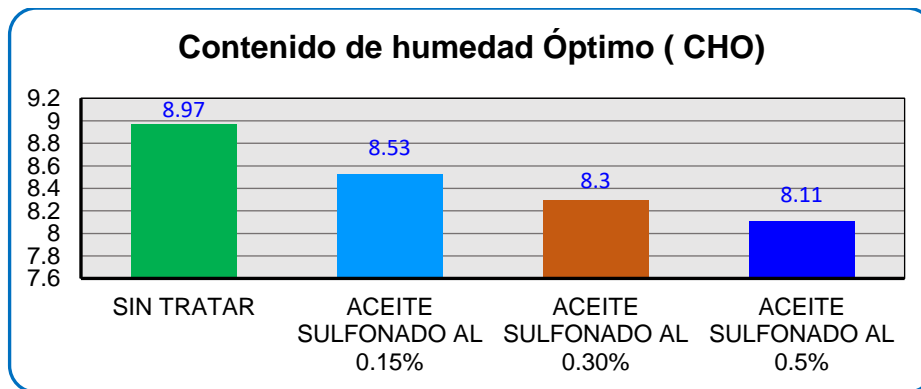


Figura 93: Histograma de resultados CHO de muestra tratada con aceite sulfonado

Ensayo de CBR

Al finalizar el proceso de compactación enrasado y registro del peso de la muestra en prueba para su reacción con el suelo, se tomó la lectura del deformímetro y para ello fue sumergido en el agua durante 96 horas, para luego ser sometido a la prueba de carga.

La medida de la expansión se verificó dentro del ensayo de CBR, usando el dial de expansión o deformación, así se realizó la lectura de la muestra cada 24 horas obteniendo un resultado conveniente a la estabilidad volumétrica.

Tabla 52: Resultados de CBR de muestra tratada con aceite sulfonado

ENSAYO DE CBR				
	Sin tratar	Aceite sulfonado al 0.15%	Aceite sulfonado al 0.30%	Aceite sulfonado al 0.5%
CBR AL 100%	55.66%	84.39%	97.87%	111.94%
CBR AL 95%	48.39%	57.40%	65.30%	73.13%
Expansión	0.32%	0.14%	0.14%	0.10%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

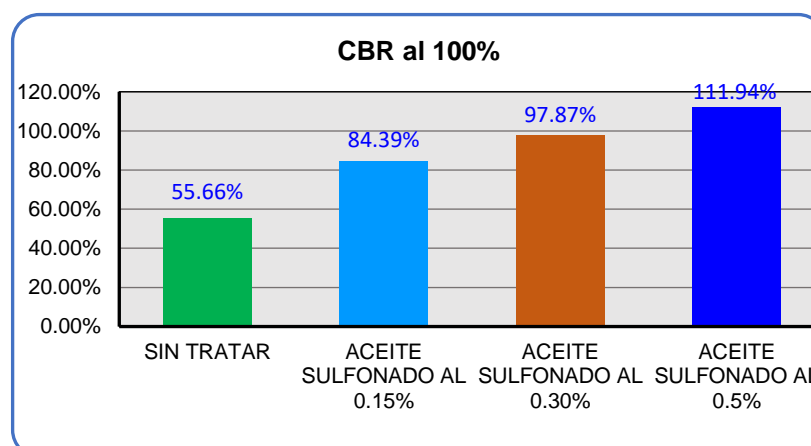


Figura 94: Histograma de resultados de CBR de muestra tratada con aceite sulfonado

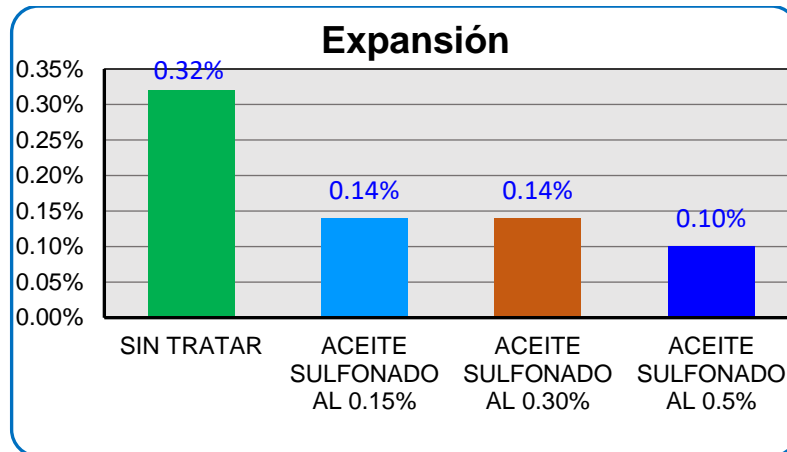


Figura 95: Histograma de resultados de expansión de muestra tratada con aceite sulfonado

4.1.1.2. Resultados con aditivo cloruro de calcio

Para realizar los ensayos correspondientes se procede a la dosificación del aditivo en 0.5%, 1.0%, 1.50% de peso de la muestra seca.

- Límites de consistencia

Límite líquido

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

Límite plástico

Con la aplicación del cloruro de calcio el valor de límite plástico disminuye con respecto a la muestra sin tratar (sin aditivo).

Tabla 53: Límites de consistencia de muestra tratada con cloruro de calcio

Ensayo de límites de consistencia				
	Sin tratar	Cloruro de calcio al 0.5%	Cloruro de calcio al 1%	Cloruro de calcio al 1.5%
Límite líquido	25.10	19.95	19.83	19.90
Límite plástico	16.75	13.8	13.4	13.2
Índice de plasticidad	8.35	6.15	6.43	6.74

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

A continuación, se muestra un diagrama de barras de los resultados obtenidos de la adición del aditivo cloruro de calcio en las dosificaciones correspondientes:

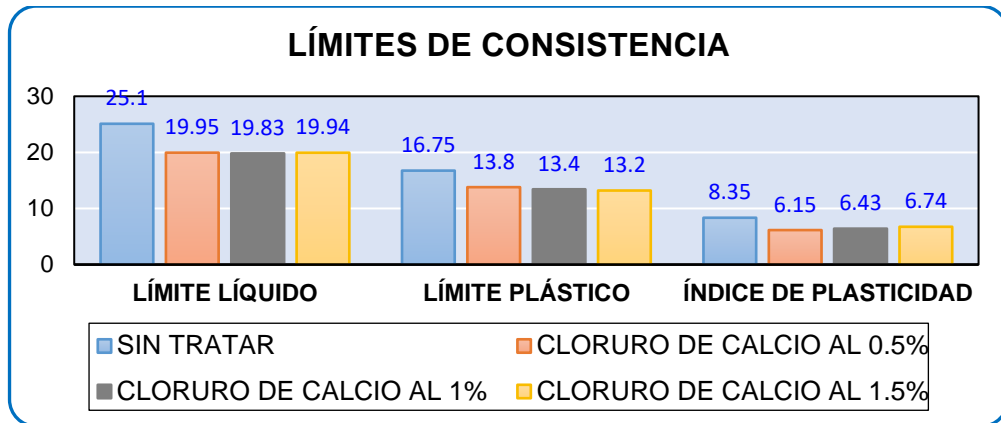


Figura 96: Histograma de resultados de límites de consistencia de muestra tratada con aceite sulfonado

- *Ensayo de Proctor modificado*

Al aplicar el producto cloruro de calcio, se obtuvo el incremento de la densidad seca máxima y la reducción del contenido de humedad óptimo.

El ensayo de Proctor modificado se trabajó a diferentes contenidos de humedad para la dosificación. En la siguiente tabla 54, se muestra la evolución de la densidad seca máxima y la reducción del contenido de humedad óptimo.

Tabla 54: Resultados de Próctor modificado de muestra tratada con cloruro de calcio

Ensayo de Proctor				
	Sin tratar	Cloruro de calcio al 0.5%	Cloruro de calcio al 1%	Cloruro de calcio al 1.5%
Densidad seca máxima	2.04	2.07	2.09	2.11
% contenido de humedad óptimo	8.97	8.68	8.2	7.9

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

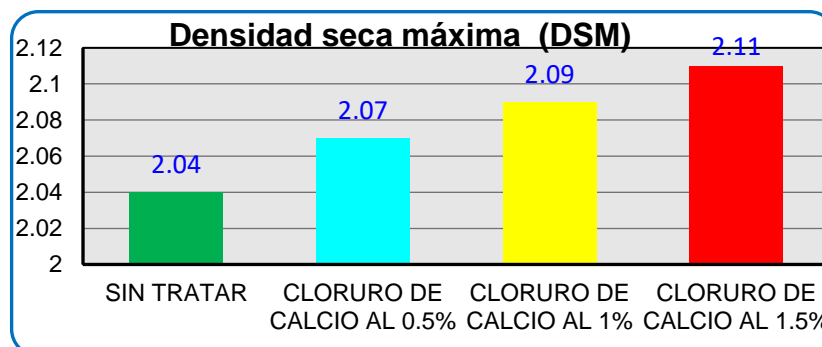


Figura 97: Histograma de resultados de densidad seca máxima de muestra tratada con cloruro de calcio

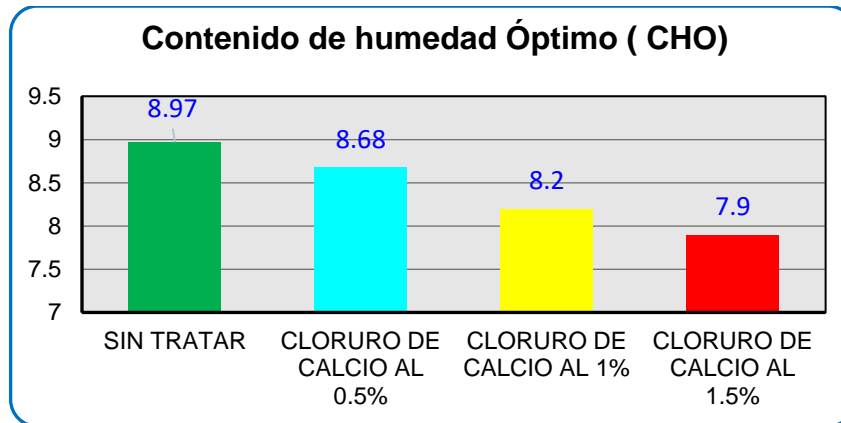


Figura 98: Histograma de resultados de CHO de muestra tratada con cloruro de calcio

- *Ensayo de CBR*

Al finalizar el proceso de compactación enrasado y el registro del peso de la muestra en prueba para su reacción con el suelo, se tomó la lectura del deformímetro y fue sumergido en el agua durante 96 horas, para luego ser sometido a prueba de carga.

La medida de la expansión se verificó dentro del ensayo de CBR, usando el dial de expansión o deformación, así se realizó la lectura de la muestra cada 24 horas obteniendo un resultado conveniente a la estabilidad volumétrica.

Tabla 55: Resultados de CBR de muestra tratada con cloruro de calcio

ENSAYO DE CBR				
	Sin tratar	Cloruro de calcio al 0.5%	Cloruro de calcio al 1.0%	Cloruro de calcio al 1.5%
CBR AL 100%	55.66%	83.86%	97.01%	105.14%
CBR AL 95%	48.39%	62.49%	72.02%	71.73%
Expansión	0.32%	0.14%	0.13%	0.12%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

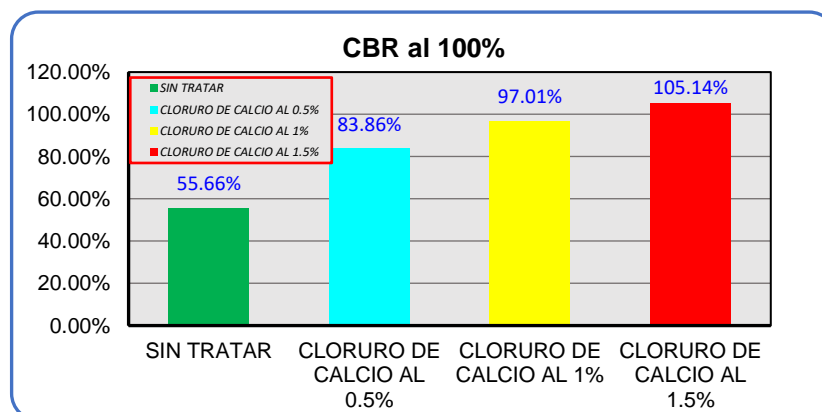


Figura 99: Histograma de resultados de CBR de muestra tratada con cloruro de calcio

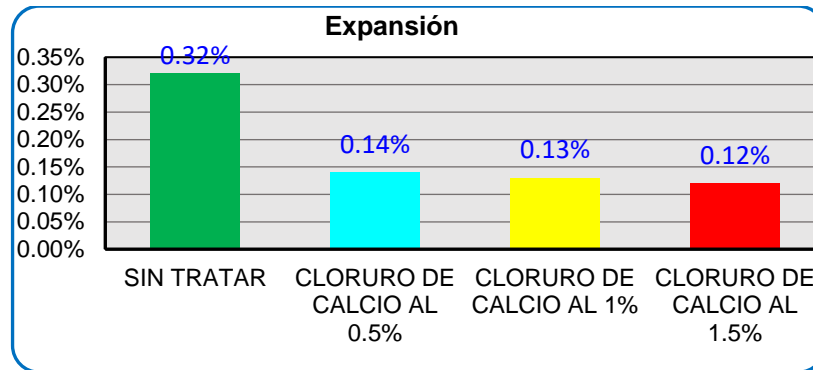


Figura 100: Histograma de resultados de expansión de muestra tratada con cloruro de calcio

4.1.1.3. Resultados de la mezcla de dos canteras

Se hará el análisis sobre la muestra que tiene como característica la mezcla de dos canteras con el siguiente criterio:

- Para aumentar la cohesión entre las partículas, se tomará la parte el agregado fino de la cantera Chipana.
- para aumentar la fricción entre las partículas se tomará el agregado grueso de la cantera Challacollo.

Contenido de humedad alterada

Las muestras secadas de manera natural al sol, tienen un contenido de humedad mínimo que es 1.7%, y no utilizando equipos como el horno, con esta cantidad de humedad se debe hacer la corrección para los replanteos del ensayo de CBR.

Granulometría

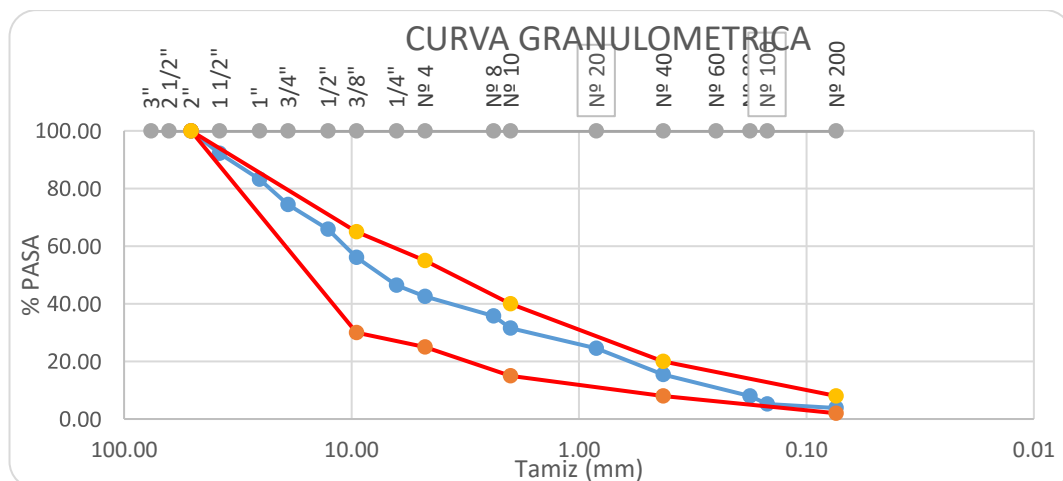


Figura 101: Curva granulométrica de mezcla de canteras

De la gráfica se puede ver que la granulometría cumple con la normativa indicada en las especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013.

Con los datos obtenidos con el ensayo de granulometría y límites de consistencia en la siguiente tabla 51 y 52, se puede clasificar los suelos según AASTHO Y SUCS.

Tabla 56: Características de la granulometría de mezcla de dos canteras

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
% Grava:	57.52
% Arena:	38.66
% Finos:	3.82
L.L.=	25.20
L.P.=	16.75
I.P.=	8.45

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Clasificación según AASHTO:

Con los datos obtenidos del ensayo de granulometría se tiene:

Tabla 57: Para clasificación AASHTO muestra de mezcla de dos canteras

% Que pasa la malla N° 4	42.48	%
% Que pasa la malla N° 10	31.53	%
% Que pasa la malla N° 40	15.48	%
% Que pasa la malla N° 200	3.82	%
% Grava	57.52	%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Donde por fórmula se calcula el índice de grupo:

$$I.G. = (F_{200} - 35) * [0.2 + 0.005 * (LL - 40)] + 0.01 * (F_{200} - 15) * (IP - 10)$$

Se tiene un resultado de -3.6084, donde se toma en valor de: 0

Con estos resultados mostrados en las tablas anteriores y los datos calculados se tiene la siguiente clasificación:

“material granular”

“A-2-4 gravas y arenas limosas o arcillosas”

Clasificación según SUCS

Con el ensayo de granulometría se tiene los siguientes datos para la clasificación.

Tabla 58: Características para clasificación SUCS muestra mezcla de dos canteras

% Que pasa la malla N° 4	42.48	%
% Que pasa la malla N° 10	31.53	%
% Que pasa la malla N° 40	15.48	%
% Que pasa la malla N° 200	3.82	%
% Grava	57.52	%
% Arena	38.66	%
% Finos	3.82	%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Con estos resultados el suelo se puede clasificar como:

“Suelo de partículas gruesas”

“Grava bien graduado con arena GW”

Límites de consistencia

Los resultados realizados para el ensayo de la cantera Chipana, se está utilizando el agregado fino de dicha cantera.

Proctor modificado

Para graficar la curva de compactación, en donde dicha curva nos indica el contenido de humedad óptimo para llegar la densidad seca máxima.

Se calcula la densidad seca máxima, dosificando a la muestra secada de forma natural a diferentes contenidos de humedad, obteniendo así un punto máximo que se muestra en la siguiente figura:

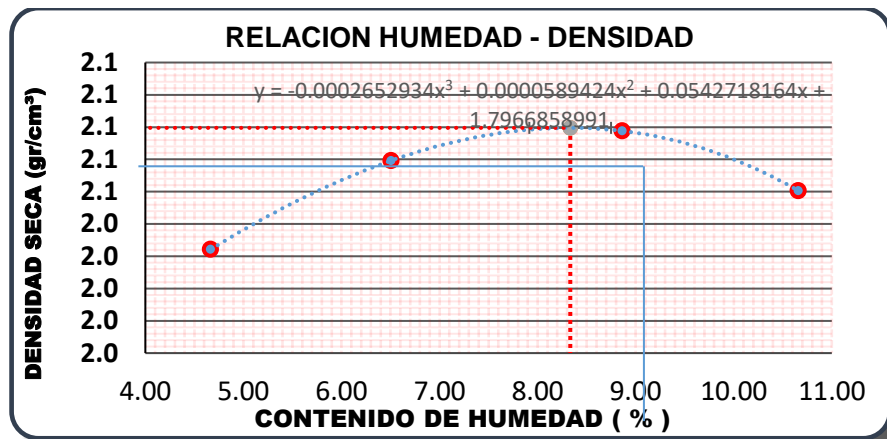


Figura 102: Relación humedad densidad de mezcla de dos canteras

En donde se tiene los resultados:

- Contenido de humedad Óptimo: 8.3322 %
- Densidad máxima seca: 2.0995 gr/cc

Ensayo de CBR

Con los datos obtenidos en el ensayo de Proctor modificado, contenido de humedad óptima y densidad seca máxima, se replantea para llegar a dichos datos, teniendo en cuenta que la muestra secada de manera natural no está al 100 % seca, donde primero se calcula la humedad modificada.

El contenido de humedad después de ser secada de forma natural es de 1,7%, con lo que este contenido de humedad se le resta al contenido de humedad Óptimo.

Para el replanteo se comenzará con un contenido de humedad de 6.63%, por lo que es preferente trabajar con la porción seca del suelo.

Los resultados obtenidos en laboratorio de suelos son:

Tabla 59: CBR de mezcla de dos canteras

ENSAYO DE CBR			
	12	25	56
	GOLPES	GOLPES	GOLPES
% contenido de humedad	8.00	8.05	8.06
Densidad seca máxima	1.927	2.015	2.099
CBR	31.92%	44.62%	55.76%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Estos datos se pueden ver ilustrada en la siguiente figura

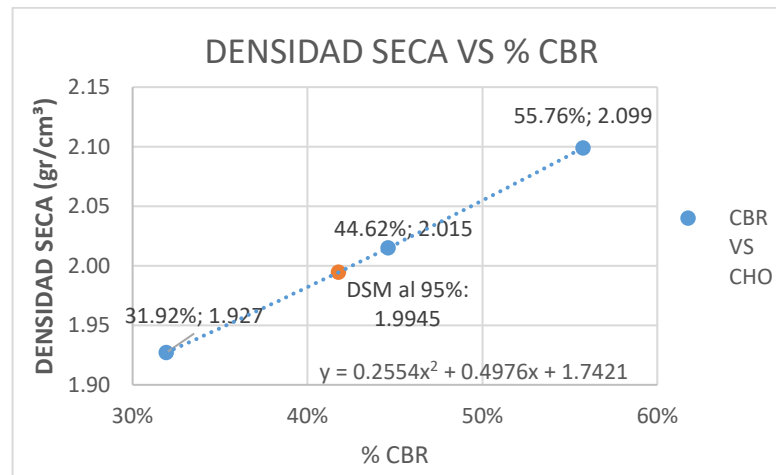


Figura 103: CBR al 95% de muestra de dos canteras

De la tabla 59 se observa que el CBR del suelo en estudio, al ser tratada a la densidad de 2.206 gr/cc y a una penetración de 0.2” es de 55.76. Lo cual nos indica que según la normativa peruana es apto para la sub-rasante ya que tiene un $CBR \geq 6\%$, de la misma manera es apto para la sub-base (CBR min 40%). No obstante, no es apto para la base (CBR min 80) (Ministerio de Transporte y Comunicaciones “EG”, 2013).

“Con este resultado no se puede realizar el comparativo de los costos de aplicación utilizando los aditivos aceite sulfonado y cloruro de calcio”

De la misma manera se puede ver la expansión que genera la arcilla al tener contacto con el agua.

Tabla 60: Expansión de mezcla de dos canteras

	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	TIEMPO
EXPANSIÓN %	0.00	0.00	0.00	0 HRS
	0.08	0.08	0.04	24 HRS
	0.16	0.12	0.08	48 HRS
	0.24	0.20	0.12	72 HRS
	0.28	0.24	0.16	96 HRS

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

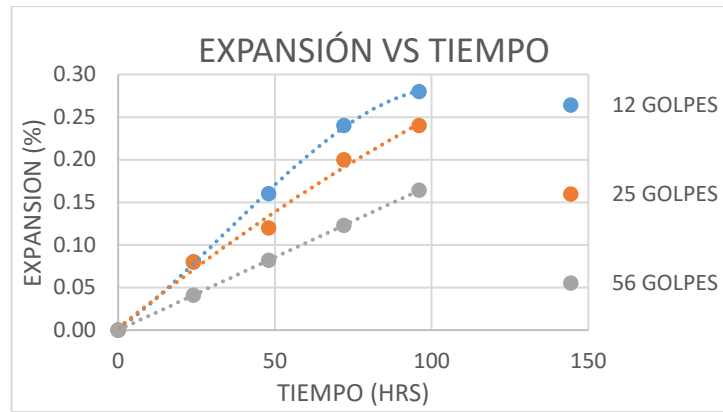


Figura 104: Expansión de muestras tratada con dos canteras

Mientras la filtración del agua sobre la muestra sea mínima, la expansión se reduce, esto se consigue a mayor compactación reduciendo los espacios vacíos que pueda ocupar el agua.

4.1.1.4. Prueba de hipótesis de muestra tratada con aceite sulfonado

Se realizará la correlación de Pearson si las variables tienen una distribución normal o lineal, y la correlación de Spearman si no tienen una distribución normal o lineal.

- Variable: límites de consistencia.

Tabla 61: Valores para la correlación límites de consistencia

Ensayo de límites de consistencia				
	Sin tratar	Aceite sulfonado al 0.15%	Aceite sulfonado al 0.30%	Aceite sulfonado al 0.5%
Límite líquido	25.10	22.00	22.04	22.24
Límite plástico	16.75	17.25	17.15	17.1
Índice de plasticidad	8.35	4.75	4.89	5.14

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

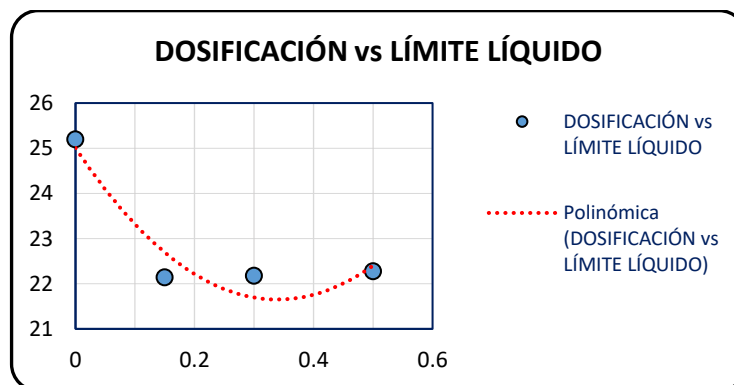


Figura 105: % de aceite sulfonado vs límite líquido

En la figura 105, la distribución de las variables del porcentaje de dosificación de aceite sulfonado y los valores de limite liquido no tienen una distribución lineal o normal, para lo cual el coeficiente de correlación a utilizar es Spearman.

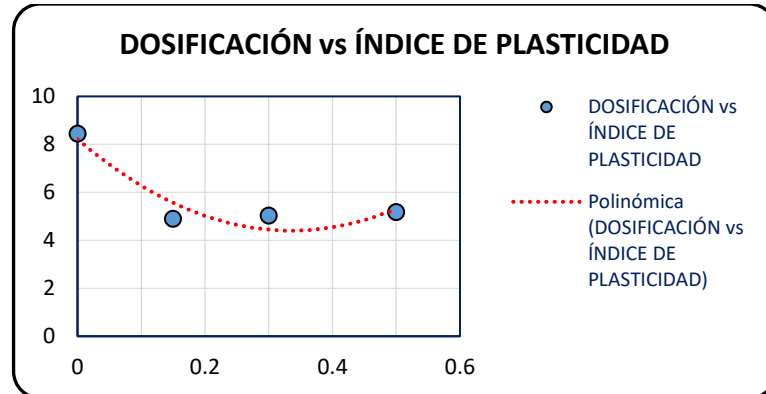


Figura 106: % de aceite sulfonado vs índice de plasticidad

En la figura 106, la distribución de las variables del porcentaje de dosificación de aceite sulfonado y los valores de índice de plasticidad no tienen una distribución lineal o normal, para lo cual el coeficiente de correlación a utilizar es Spearman.

- *Variable límite líquido*

Para los valores de rango de Y e X, se da un valor empezando de 1 a más, según corresponda a los valores de las variables.

Tabla 62: % de aceite sulfonado vs límite líquido

Dosificación						
% aceite sulfonado	Limite liquido					
x	y	rango y	rango x	Diferencia (d)	diferencia ² (d ²)	
0	25.10	1	4	3	9	
0.15	22.00	2	1	-1	1	
0.3	22.04	3	2	-1	1	
0.5	22.24	4	3	-1	1	
Sumatoria=						12

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

El coeficiente de correlación de Spearman está definido por:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$



$$r_s = 1 - \frac{6(12)}{4(4^2 - 1)}$$

$$r_s = -0.2 = p$$

El coeficiente de Spearman resultó -0.200 lo cual nos indica, que hay una relación no lineal negativa, esto se da cuando una variable disminuye conforme la otra incrementa. Según la tabla 26 se concluye que hay una **correlación negativa media**.

Dado que el valor calculado de $r_s = p$ es menor que el valor crítico para rho de spearman en un nivel de significancia “ α ” de 0.1, y con número de datos “n” de 4

- a) probar la hipótesis para $p \neq 0$

Hipótesis estadística:

$$H_0: p = p_0$$

$$H_a: p \neq p_0$$

H_0 = el aceite sulfonado como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades físicas de los suelos (reducción del límite líquido) demostrado esto mediante el ensayo de límite líquido.

H_a = el aceite sulfonado como agente estabilizador no mejora el comportamiento de las propiedades físicas de los suelos (reducción del límite líquido) demostrado esto mediante el ensayo de limite líquido.

- b) Valor crítico para el nivel de significancia 0.1”: $\alpha = \pm 0.8$ (valor sacado de la tabla 29).

- c) La regla de decisión es:

Sí: $p > \alpha$: aceptamos H_0 y rechazamos la H_a

Sí: $p < \alpha$: rechazamos H_0 y aceptamos la H_a

$$-0.8 < p = -0.2 < 0.8 = \alpha$$

- d) Conclusión:

e) Ya que $p < \alpha$ se encuentra dentro de la región de aceptación, existe suficiente evidencia para afirmar que $p \neq 0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alterna H_a : el aceite sulfonado como agente estabilizador no mejora el comportamiento de las propiedades físicas de los suelos (reducción del límite líquido) demostrado esto mediante el ensayo de límite líquido.

- *Variable índice de plasticidad*

Para los valores de rango de Y e X, se da un valor empezando de la más, según corresponda a los valores de las variables.

Tabla 63: % de aceite sulfonado vs índice de plasticidad

Cuadro estadístico					
% aceite sulfonado	Índice de plasticidad	rango y	rango x	Diferencia (d)	diferencia ² (d^2)
x	y				
0	8.35	1	4	3	9
0.15	4.75	2	1	-1	1
0.3	4.89	3	2	-1	1
0.5	5.14	4	3	-1	1
Sumatoria=					12

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

El coeficiente de correlación de Spearman está definido por:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

$$r_s = 1 - \frac{6(12)}{4(4^2 - 1)}$$

$$r_s = -0.2 = p$$

El coeficiente de Spearman resultó -0.200 lo cual nos indica que hay una relación no lineal negativa, esto se da cuando una variable disminuye conforme la otra incrementa. Según la tabla 26 se concluye que hay una **correlación negativa media**.



Dado que el valor calculado de $r_s = p$ es menor que el valor crítico para rho de Spearman en un nivel de significancia “ α ” de 0.1, y con número de datos “n” de 4.

- a) Probar la hipótesis para $p \neq 0$

Hipótesis estadística:

$$H_0: p = p_0$$

$$H_a: p \neq p_0$$

H_0 = el aceite sulfonado como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades físicas de los suelos (reducción del índice de plasticidad) demostrado esto mediante el ensayo de límite líquido

H_a = el aceite sulfonado como agente estabilizador no mejora el comportamiento de las propiedades físicas de los suelos (reducción del índice de plasticidad) demostrado esto mediante el ensayo de límite líquido.

- b) Valor crítico para el nivel de significancia “0.1”: $\alpha = \pm 0.8$ (valor sacado de la tabla 29)
- c) La regla de decisión es:

Sí: $p > \alpha$: aceptamos H_0 y rechazamos la H_a

Sí: $p < \alpha$: rechazamos H_0 y aceptamos la H_a

$$-0.8 < p = -0.2 < 0.8 = \alpha$$

- d) Conclusión:
- e) Ya que $p < \alpha$ se encuentra dentro de la región de aceptación, existe suficiente evidencia para afirmar que $p \neq 0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alterna H_a : el aceite sulfonado como agente estabilizador no mejora el comportamiento de las propiedades físicas de los suelos

(reducción del índice de plasticidad) demostrado esto mediante el ensayo de límite líquido.

- Variable: Proctor modificado

Tabla 64: Valores para la correlación de Proctor modificado

ENSAYO DE PROCTOR				
	Sin tratar	Aceite sulfonado al 0.15%	Aceite sulfonado al 0.30%	Aceite sulfonado al 0.5%
Densidad seca máxima	2.04	2.08	2.09	2.1
Contenido de humedad óptimo	8.97	8.53	8.3	8.11

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

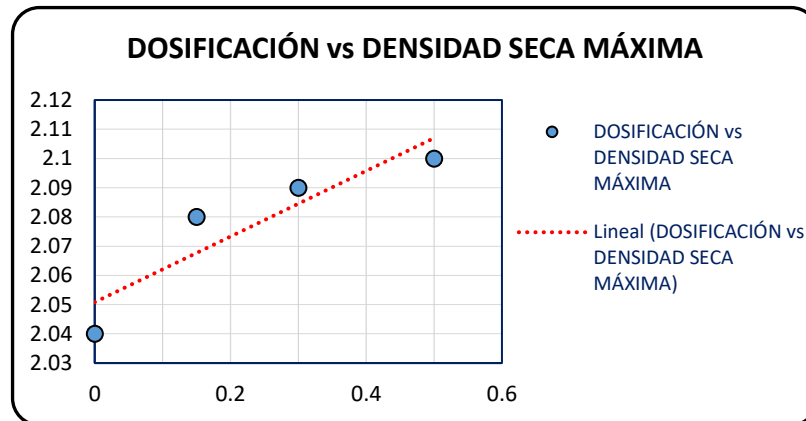


Figura 107: % de aditivo aceite sulfonado vs densidad seca máxima

En la figura 107, la distribución de las variables del porcentaje de dosificación de aceite sulfonado y los valores de densidad seca máxima tienen una distribución lineal o normal, para lo cual el coeficiente de correlación a utilizar es Pearson.

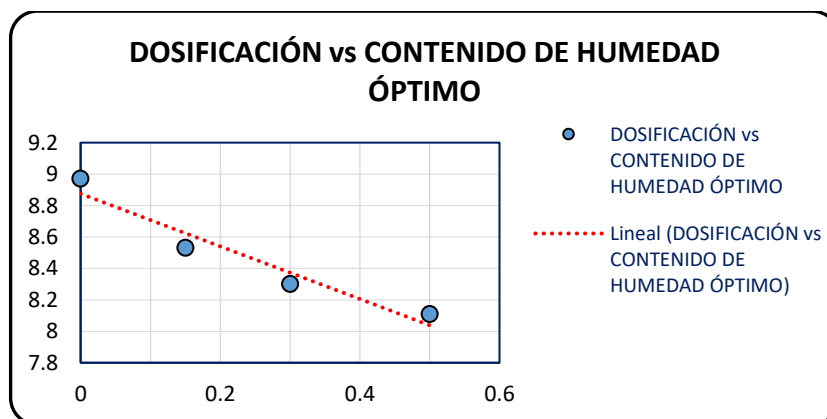


Figura 108: % de aditivo aceite sulfonado vs contenido de humedad Óptimo

En la figura 108, la distribución de las variables del porcentaje de dosificación de aceite sulfonado y los valores de contenido de humedad óptimo tienen una distribución lineal o normal, para lo cual el coeficiente de correlación a utilizar es Pearson.

- *Variable densidad seca máxima*

Tabla 65: % de aceite sulfonado vs densidad seca máxima

CUADRO ESTADÍSTICO					
	% de aceite sulfonado	Densidad seca máxima			
	X	Y	X*Y	X ²	Y ²
	0	2.04	0	0	4.1616
	0.15	2.08	0.312	0.0225	4.3264
	0.3	2.09	0.627	0.09	4.3681
	0.5	2.10	1.05	0.25	4.41
SUMAS	0.95	8.31	1.989	0.3625	17.2661
PROMEDIO	0.2375	2.0775	0.49725	0.090625	4.316525

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

El coeficiente de correlación de Pearson está definido por.

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

$$r = \frac{1.989 - 4(0.2375)(2.0775)}{\sqrt{[0.3625 - 4(0.2375^2)][17.2661 - 4(2.0775^2)]}}$$

$$r = 0.9123$$

El coeficiente de Pearson resultó 0.9123 lo cual nos indica que hay una relación lineal positiva, esto se da cuando una variable incrementa conforme la otra incrementa. Según la tabla 25, se concluye que hay una **correlación positiva muy alta**.

(r^2 = coeficiente de determinación)

$$t = \frac{r - p}{S_r} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Donde:

r = coeficiente de correlación de pearson



r^2 = coeficiente de determinación (%)

n = número de datos

$$r^2 = 0.83232$$

$$r^2 = 83.23 \%$$

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{(0.9123)(\sqrt{4-2})}{\sqrt{1-0.83232}}$$

$$t = 3.15074$$

a) probar la hipótesis para $p \neq 0$

Hipótesis estadística:

$$H_0: p = p_0$$

$$H_a: p \neq p_0$$

H_0 = el aceite sulfonado como agente estabilizador no mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (aumento de la densidad seca máxima) demostrado esto mediante el ensayo de Proctor modificado

H_a = el aceite sulfonado como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (aumento de la densidad seca máxima) demostrado esto mediante el ensayo de Proctor modificado.

b) Para el nivel de significancia $\alpha:0.05$, N-2: grados de libertad se tiene en la tabla

28 el valor de t crítico, $t_c:4.3026$

c) la regla de decisión es:

Sí: $t > t_c$: rechazamos la H_0 y aceptamos la H_a

Sí: $t < t_c$: aceptamos la H_0 y rechazamos la H_a

$$t = 3.151 < t_c$$

d) conclusión:

e) ya que: $t < t_c$, existe suficiente evidencia para afirmar que $p \neq 0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis nula H_0 : el aceite sulfonado como agente estabilizador no mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (aumento de la densidad seca máxima) demostrado esto mediante el ensayo de Proctor modificado.

- Variable: contenido de humedad Óptimo

Tabla 66: % de aceite sulfonado vs contenido de humedad Óptimo

CUADRO ESTADÍSTICO					
	% de aceite sulfonado	Contenido de humedad Óptimo			
	X	Y	X*Y	X^2	Y^2
	0	8.97	0	0	80.4609
	0.15	8.53	1.2795	0.0225	72.7609
	0.3	8.3	2.49	0.09	68.89
	0.5	8.11	4.055	0.25	65.7721
SUMAS	0.95	33.91	7.8245	0.3625	287.8839
PROMEDIO	0.2375	8.4775	1.956125	0.090625	71.970975

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

El coeficiente de correlación de Pearson está definido por.

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

$$r = \frac{7.8245 - 4(0.2375)(8.4775)}{\sqrt{[0.3625 - 4(0.2375^2)][287.8839 - 4(8.4775^2)]}}$$

$$r = -0.9650$$

El coeficiente de Pearson resultó -0.9650 lo cual nos indica que hay una relación lineal negativa, esto se da cuando una variable incrementa conforme la otra disminuye.

Según la tabla 25 se concluye que hay una **correlación negativa muy alta**.

(r^2 = coeficiente de determinación)



$$t = \frac{r - p}{S_r} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Donde:

r = coeficiente de correlación de Pearson

r^2 = coeficiente de determinación (%)

n = número de datos

$$r^2 = 0.9312$$

$$r^2 = 93.12 \%$$

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{(0.9650)(\sqrt{4-2})}{\sqrt{1-0.9312}}$$

$$t = -5.2039$$

a) probar la hipótesis para $p \neq 0$

Hipótesis estadística:

$$H_0: p = p_0$$

$$H_a: p \neq p_0$$

H_0 = el aceite sulfonado como agente estabilizador no mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (disminución del contenido de humedad óptimo) demostrado esto mediante el ensayo de Proctor modificado

H_a = el aceite sulfonado como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (disminución del contenido de humedad óptimo) demostrado esto mediante el ensayo de Proctor modificado.

b) Para el nivel de significancia $\alpha:0.05$, $N-2$: grados de libertad se tiene en la tabla

28 el valor de t crítico, $t_c:4.3026$

c) la regla de decisión es:

Sí: $t > t_c$: rechazamos la H_0 y aceptamos la H_a

Sí: $t < t_c$: aceptamos la H_0 y rechazamos la H_a

$$t = 5.2039 > t_c$$

d) Conclusión:

e) ya que: $t > t_c$, existe suficiente evidencia para afirmar que $p \neq 0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis nula H_a : el aceite sulfonado como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (disminución del contenido de humedad Óptimo) demostrado esto mediante el ensayo de Proctor modificado.

- *Variable CBR*

Tabla 67: % de aceite sulfonado vs datos de ensayo de CBR

ENSAYO DE CBR				
	SIN TRATAR	ACEITE SULFONADO AL 0.15%	ACEITE SULFONADO AL 0.30%	ACEITE SULFONADO AL 0.5%
CBR AL 100%	55.66%	84.39%	97.87%	111.94%
Expansión	0.32%	0.14%	0.14%	0.10%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

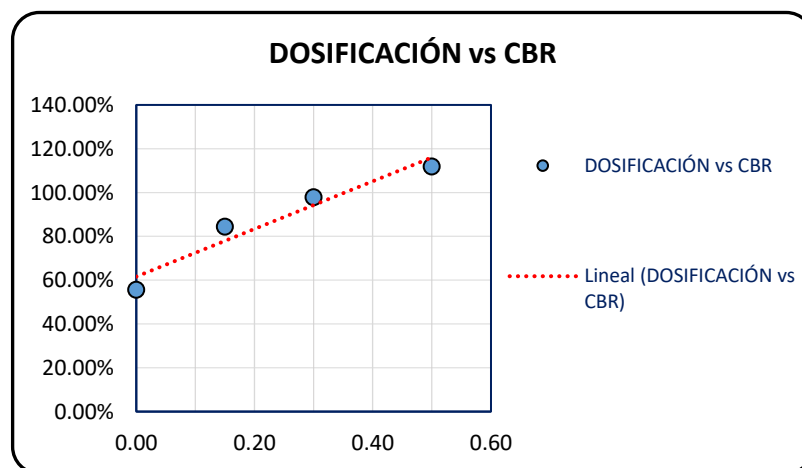


Figura 109: % aceite sulfonado vs CBR

En la figura 109, la distribución de las variables del porcentaje de dosificación de aceite sulfonado y los valores de CBR tienen una distribución lineal o normal, para lo cual el coeficiente de correlación a utilizar es Pearson.

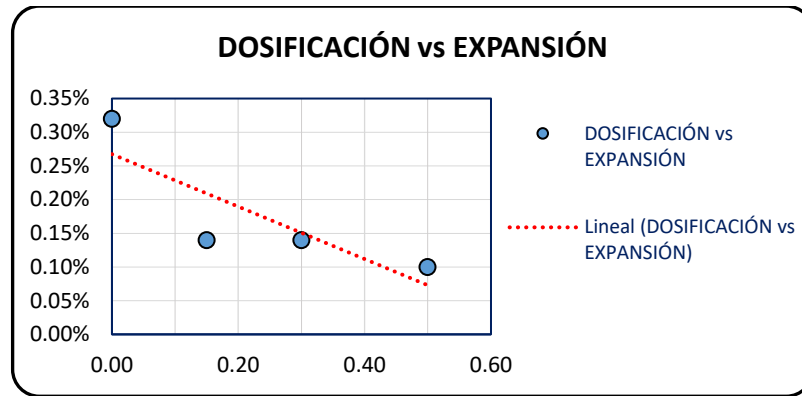


Figura 110: % aceite sulfonado vs expansión

En la figura 110, la distribución de las variables del porcentaje de dosificación de aceite sulfonado y los valores de expansión tienen una distribución lineal o normal, para lo cual el coeficiente de correlación a utilizar es Pearson.

- Variable CBR

Tabla 68: % de aceite sulfonado vs CBR

CUADRO ESTADÍSTICO					
	% de aceite sulfonado	CBR			
	X	Y	X*Y	X^2	Y^2
	0	55.66	0	0	3098.0356
	0.15	84.39	12.6585	0.0225	7121.6721
	0.3	97.87	29.361	0.09	9578.5369
	0.5	111.94	55.97	0.25	12530.5636
SUMAS	0.95	349.86	97.9895	0.3625	32328.8082
PROMEDIO	0.2375	87.465	24.497375	0.090625	8082.20205

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

El coeficiente de correlación de Pearson está definido por.

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

$$r = \frac{97.9895 - 4(0.2375)(87.465)}{\sqrt{[0.3625 - 4(0.2375^2)][32328.808 - 4(87.465^2)]}}$$

$$r = 0.9686$$



El coeficiente de Pearson resultó 0.9686 lo cual nos indica que hay una relación lineal positiva, esto se da cuando una variable incrementa conforme la otra incrementa. Según la tabla 25 se concluye que hay una **correlación positiva muy alta**.

(r^2 = coeficiente de determinación)

$$t = \frac{r - p}{S_r} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Donde:

r = coeficiente de correlación de Pearson

r^2 = coeficiente de determinación (%)

n = número de datos

$$r^2 = 0.9382$$

$$r^2 = 93.82 \%$$

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{(0.92175)(\sqrt{4-2})}{\sqrt{1-0.84962}}$$

$$t = 5.5104$$

a) Probar la hipótesis para $p \neq 0$

Hipótesis estadística:

$$H_0: p = p_0$$

$$H_a: p \neq p_0$$

H_0 = el aceite sulfonado como agente estabilizador no mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (aumento del CBR) demostrado esto mediante el ensayo de CBR – penetración.

H_a = el aceite sulfonado como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (aumento del CBR) demostrado esto mediante el ensayo de CBR – penetración.

b) Para el nivel de significancia $\alpha:0.05$, N-2: grados de libertad se tiene en la tabla 28 el valor de t crítico, $t_c:4.3026$

c) la regla de decisión es:

Sí: $t > t_c$: rechazamos la H_0 y aceptamos la H_a

Sí: $t < t_c$: aceptamos la H_0 y rechazamos la H_a

$$t = 5.5104 > t_c$$

Conclusión:

d) Ya que: $t > t_c$, existe suficiente evidencia para afirmar que $p \neq 0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alterna H_a : el aceite sulfonado como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (aumento del CBR) demostrado esto mediante el ensayo de CBR – penetración.

- Variable: Expansión

Tabla 69: % de aceite sulfonado vs Expansión

CUADRO ESTADÍSTICO					
	% de aceite sulfonado	Expansión			
	X	Y	X*Y	X^2	Y^2
	0	0.32	0	0	0.1024
	0.15	0.14	0.021	0.0225	0.0196
	0.3	0.14	0.042	0.09	0.0196
	0.5	0.10	0.05	0.25	0.01
SUMAS	0.95	0.70	0.113	0.3625	0.1516
PROMEDIO	0.2375	0.175	0.02825	0.090625	0.0379

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

El coeficiente de correlación de Pearson está definido por.

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



$$r = \frac{0.113 - 4(0.2375)(0.175)}{\sqrt{[0.3625 - 4(0.2375^2)][0.1516 - 4(0.175^2)]}}$$

$$r = -0.8437$$

El coeficiente de Pearson resulto -0.8437 lo cual nos indica que hay una relación lineal negativa, esto se da cuando una variable incrementa conforme la otra disminuye. Según la tabla 25 se concluye que hay una **correlación negativa alta**.

(r^2 = coeficiente de determinación)

$$t = \frac{r - p}{S_r} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Donde:

r = coeficiente de correlación de Pearson

r^2 = coeficiente de determinación (%)

n = número de datos

$$r^2 = 0.7119$$

$$r^2 = 71.19 \%$$

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{(-0.8437)(\sqrt{4-2})}{\sqrt{1-0.7119}}$$

$$t = -2.2231$$

a) Probar la hipótesis para $p \neq 0$

Hipótesis estadística:

$$H_0: p = p_0$$

$$H_a: p \neq p_0$$

H_0 = el aceite sulfonado como agente estabilizador no mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (disminución de la expansión) demostrado esto mediante el ensayo de CBR-expansión.

H_a = el aceite sulfonado como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (disminución de la expansión) demostrado esto mediante el ensayo de CBR-expansión.

b) Para el nivel de significancia $\alpha:0.05$, N-2: grados de libertad se tiene en la tabla 28 el valor de t crítico, $t_c:4.3026$

c) la regla de decisión es:

Sí: $t > t_c$: rechazamos la H_0 y aceptamos la H_a

Sí: $t < t_c$: aceptamos la H_0 y rechazamos la H_a

$$t = 2.2231 < t_c$$

d) Conclusión:

Ya que: $t < t_c$, existe suficiente evidencia para afirmar que $p \neq 0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis nula H_0 : el aceite sulfonado como agente estabilizador no mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (disminución de la expansión) demostrado esto mediante el ensayo de CBR-expansión.

4.1.1.5. Prueba de hipótesis de muestra tratada con cloruro de calcio

- Variable: límites de consistencia

Tabla 70: % de cloruro de calcio vs límites de consistencia

ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA				
	SIN TRATAR	CLORURO DE CALCIO AL 0.5%	CLORURO DE CALCIO AL 1%	CLORURO DE CALCIO AL 1.5%
LÍMITE LÍQUIDO	25.10	19.95	19.83	19.94
LÍMITE PLÁSTICO	16.75	13.8	13.4	13.2
ÍNDICIE DE PLASTICIDAD	8.45	6.3	6.64	6.8

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

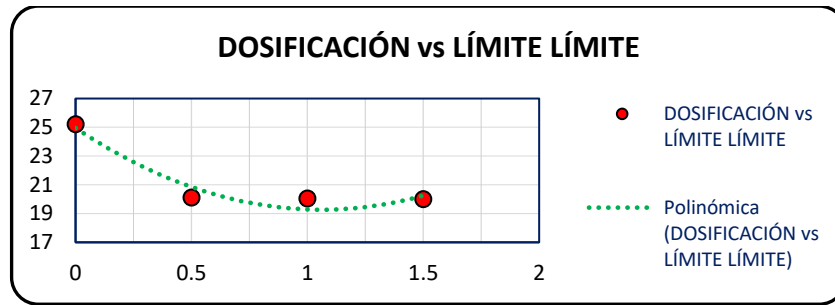


Figura 111: % de cloruro de calcio vs límite líquido

En la figura 111, la distribución de las variables del porcentaje de dosificación de cloruro de calcio y los valores de límite líquido tienen una distribución no lineal o anormal, para lo cual el coeficiente de correlación a utilizar es Spearman.

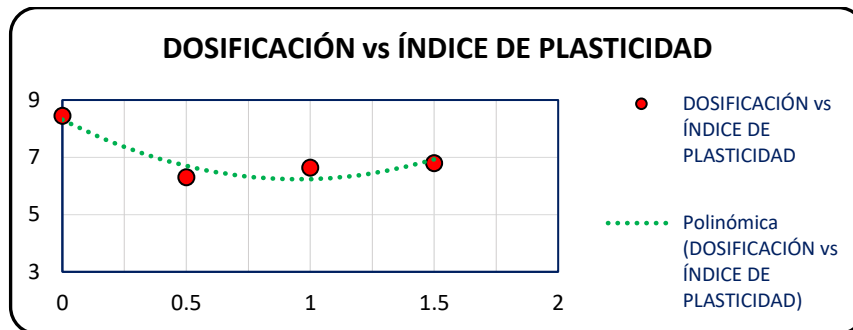


Figura 112: % de cloruro de calcio vs índice de plasticidad

En la figura 112, la distribución de las variables del porcentaje de dosificación de cloruro de calcio y los valores de índice de plasticidad no tienen una distribución lineal o normal, para lo cual el coeficiente de correlación a utilizar es Spearman.

- Variable límite líquido

Tabla 71: % de cloruro de calcio vs límite líquido

Cuadro estadístico					
% cloruro de calcio	Índice de plasticidad	Rango y	Rango x	Diferencia (d)	Diferencia ² (d ²)
X	Y				
0	25.10	1	4	3	9
0.5	19.95	2	3	-1	1
1.0	19.83	3	1	-2	4
1.5	19.94	4	2	-2	4
Sumatoria:					18

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

El coeficiente de correlación de Spearman está definido por:



$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

$$r_s = 1 - \frac{6(18)}{4(4^2 - 1)}$$

$$r_s = -0.8 = p$$

El coeficiente de Spearman resultó -0.800 lo cual nos indica que hay una relación no lineal negativa, esto se da cuando una variable disminuye conforme la otra incrementa. Según la tabla 26 se concluye que hay una correlación **negativa muy fuerte**

Dado que el valor calculado de r_s es menor que el valor crítico para rho de Spearman en un nivel de significancia “ α ” de 0.1, y con número de datos “n” de 4

- a) Probar la hipótesis para $p \neq 0$

Hipótesis estadística:

$$H_0: p = p_0$$

$$H_a: p \neq p_0$$

H_0 = el cloruro de calcio como agente estabilizador no mejora el comportamiento de las propiedades físicas de los suelos (reducción del límite líquido) demostrado esto mediante el ensayo de límite líquido.

H_a = el cloruro de calcio como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades físicas de los suelos (reducción del límite líquido) demostrado esto mediante el ensayo de límite líquido.

- b) Valor crítico para nivel de significancia “0.1”: $\alpha = \pm 0.8$ (valor sacado de la tabla 29)

- c) La regla de decisión es:

Sí: $r_s > \alpha$: aceptamos H_0 y rechazamos la H_a

Sí: $r_s < \alpha$: rechazamos H_0 y aceptamos la H_a

$$-0.8 < p = -0.8 < 0.8 = \alpha$$

d) Conclusión:

Ya que $p < \alpha$ se encuentra dentro de la región de aceptación, existe suficiente evidencia para afirmar que $p \neq 0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alterna H_a : el cloruro de calcio como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades físicas de los suelos (reducción del límite líquido) demostrado esto mediante el ensayo de límites de consistencia.

• *Variable índice de plasticidad*

Para los valores de rango de Y e X, se da un valor empezando de 1 a más, según corresponda a los valores de las variables.

Tabla 72: % de aceite sulfonado vs índice de plasticidad

Cuadro estadístico					
% cloruro de calcio	Índice de plasticidad	Rango y	Rango x	Diferencia (d)	Diferencia ² (d ²)
X	Y				
0	8.35	1	4	3	9
0.15	6.15	2	1	-1	1
0.3	6.43	3	2	-1	1
0.5	6.74	4	3	-1	1
Sumatoria:					12

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

El coeficiente de correlación de Spearman está definido por:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

$$r_s = 1 - \frac{6(12)}{4(4^2 - 1)}$$

$$r_s = -0.2 = p$$

El coeficiente de Spearman resultó -0.200 lo cual nos indica que hay una relación no lineal negativa, esto se da cuando una variable disminuye conforme la otra incrementa. Según la tabla 26 se concluye que hay una correlación **negativa media**.

Dado que el valor calculado de r_s es menor que el valor crítico para rho de Spearman en un nivel de significancia “ α ” de 0.1, y con número de datos “n” de 4

e) Probar la hipótesis para $p \neq 0$

Hipótesis estadística:

$$H_0: p = p_0$$

$$H_a: p \neq p_0$$

H_0 = el cloruro de calcio como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades físicas de los suelos (reducción del índice de plasticidad) demostrado esto mediante el ensayo de límite líquido.

H_a = el cloruro de calcio como agente estabilizador no mejora el comportamiento de las propiedades físicas de los suelos (reducción del índice de plasticidad) demostrado esto mediante el ensayo de límite líquido.

f) Valor crítico para el nivel de significancia “0.1”: $\alpha = \pm 0.8$ (valor sacado de la tabla 29)

g) La regla de decisión es:

Sí: $r_s > \alpha$: aceptamos H_0 y rechazamos la H_a

Sí: $r_s < \alpha$: rechazamos H_0 y aceptamos la H_a

$$-0.8 < p = -0.2 < 0.8 = \alpha$$

h) Conclusión:

Ya que $p < \alpha$ se encuentra dentro de la región de aceptación, existe suficiente evidencia para afirmar que $p \neq 0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alterna H_a : el cloruro de calcio como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades físicas de los suelos (reducción del índice de plasticidad) demostrado esto mediante el ensayo de límites de consistencia.

- Variable: Proctor modificado

Tabla 73: % cloruro de calcio vs Proctor modificado

ENSAYO DE PROCTOR				
	SIN TRATAR	CLORURO DE CALCIO AL 0.5%	CLORURO DE CALCIO AL 1%	CLORURO DE CALCIO AL 1.5%
DENSIDAD SECA MÁXIMA	2.04	2.07	2.09	2.11
CHO	8.97	8.68	8.2	7.9

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

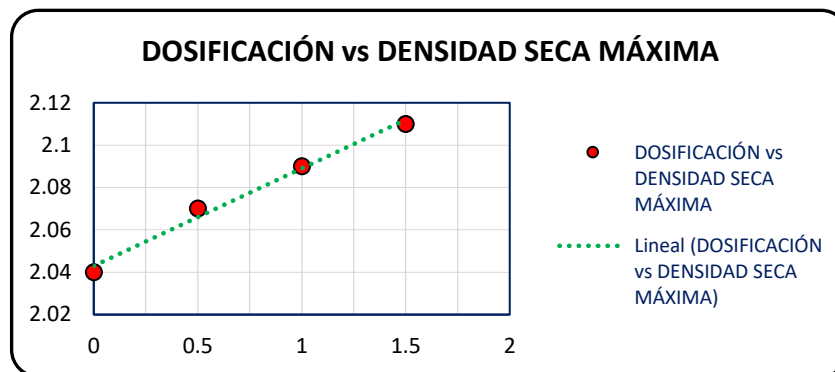


Figura 113: % de cloruro de calcio vs densidad seca máxima

En la figura 113, la distribución de las variables del porcentaje de dosificación de aceite sulfonado y los valores de densidad seca máxima tienen una distribución lineal o normal, para lo cual el coeficiente de correlación a utilizar es Pearson.

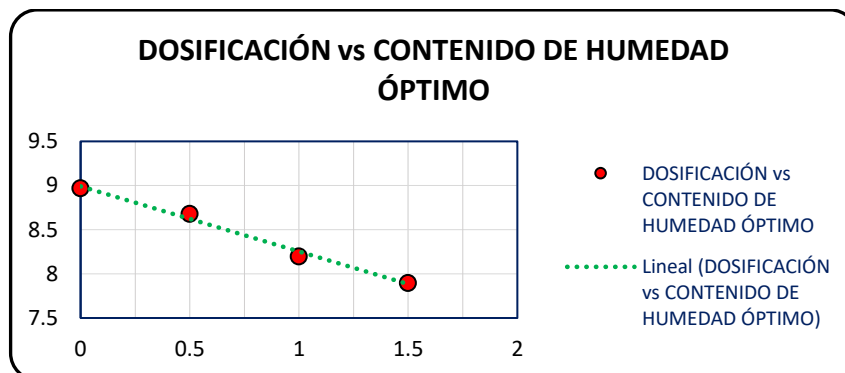


Figura 114: % de cloruro de calcio vs contenido de humedad Óptima

En la figura 114, la distribución de las variables del porcentaje de dosificación de aceite sulfonado y los valores de contenido de humedad Óptima tienen una distribución lineal o normal, para lo cual el coeficiente de correlación a utilizar es Pearson.

- *Variable densidad seca máxima*

Tabla 74: % de cloruro de calcio vs densidad seca máxima

CUADRO ESTADÍSTICO					
	% de aceite sulfonado	Densidad seca máxima			
	X	Y	X*Y	X^2	Y^2
	0	2.04	0	0	4.1616
	0.5	2.07	1.035	0.25	4.2849
	1	2.09	2.09	1	4.3681
	1.5	2.11	3.165	2.25	4.4521
SUMAS	3	8.31	6.29	3.5	17.2667
PROMEDIO	0.75	2.0775	1.5725	0.875	4.316675

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

El coeficiente de correlación de Pearson está definido por.

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

$$r = \frac{6.29 - 4(0.75)(2.0775)}{\sqrt{[3.5 - 4(0.75^2)][17.2667 - 4(2.0775^2)]}}$$

$$r = 0.994376$$

El coeficiente de Pearson resultó 0.994376 lo cual nos indica que hay una relación lineal positiva, esto se da cuando una variable incrementa conforme la otra incrementa. Según la tabla 25 se concluye que hay **una correlación positiva muy alta**.

(r^2 = coeficiente de determinación)

$$t = \frac{r - p}{S_r} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Donde:

r = coeficiente de correlación de Pearson

r^2 = coeficiente de determinación (%)

n = número de datos

$$r^2 = 0.9888$$

$$r^2 = 98.88 \%$$

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{(0.9944)(\sqrt{4-2})}{\sqrt{1-0.9888}}$$

$$t = 13.279$$

- a) Probar la hipótesis para $p \neq 0$

Hipótesis estadística:

$$H_0: p = p_0$$

$$H_a: p \neq p_0$$

H_0 = el cloruro de calcio como agente estabilizador no mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (aumento de la densidad seca máxima) demostrado esto mediante el ensayo de Proctor modificado

H_a = el cloruro de calcio como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (aumento de la densidad seca máxima) demostrado esto mediante el ensayo de Proctor modificado.

- b) Para el nivel de significancia $\alpha:0.05$, N-2: grados de libertad se tiene en la tabla

28 el valor de t crítico, $t_c:4.3026$

- c) la regla de decisión es:

Sí: $t > t_c$: rechazamos la H_0 y aceptamos la H_a

Sí: $t < t_c$: aceptamos la H_0 y rechazamos la H_a

$$t = 13.279 > t_c$$

- d) conclusión:

Ya que: $t > t_c$, existe suficiente evidencia para afirmar que $p \neq 0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alterna H_a : el cloruro de calcio como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los

suelos (aumento de la densidad seca máxima) demostrado esto mediante el ensayo de Proctor modificado.

- *Variable: contenido de humedad Óptimo*

Tabla 75: % cloruro de calcio vs contenido de humedad Óptimo

CUADRO ESTADÍSTICO					
	% de aceite sulfonado	Contenido de humedad Óptimo			
	X	Y	X*Y	X^2	Y^2
	0	8.97	0	0	80.4609
	0.5	8.68	4.34	0.25	75.3424
	1	8.2	8.2	1	67.24
	1.5	7.9	11.85	2.25	62.41
SUMAS	3	33.75	24.39	3.5	285.4533
PROMEDIO	0.75	8.4375	6.0975	0.875	71.363325

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

El coeficiente de correlación de Pearson está definido por.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{X} \bar{Y}}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{X}^2][\sum_{i=1}^n y_i^2 - n \bar{Y}^2]}}$$
$$r = \frac{24.39 - 4(0.75)(8.4375)}{\sqrt{[3.5 - 4(0.75^2)][285.4533 - 4(8.4375^2)]}}$$
$$r = -0.99499$$

El coeficiente de Pearson resultó -0.99499 lo cual nos indica que hay una relación lineal negativa, esto se da cuando una variable incrementa conforme la otra disminuye.

Según la tabla 25 se concluye que hay una **correlación negativa muy alta**.

(r^2 = coeficiente de determinación)

$$t = \frac{r - p}{S_r} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Donde:

r = coeficiente de correlación de pearson

r^2 = coeficiente de determinación (%)

n = número de datos



$$r^2 = 0.99000$$

$$r^2 = 99.00 \%$$

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{(0.99499)(\sqrt{4-2})}{\sqrt{1-0.9900}}$$

$$t = -14.0782$$

- a) Probar la hipótesis para $p \neq 0$

Hipótesis estadística:

$$H_0: p = p_0$$

$$H_a: p \neq p_0$$

H_0 = el cloruro de calcio como agente estabilizador no mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (disminución del contenido de humedad óptimo) demostrado mediante el ensayo de Proctor modificado

H_a = el cloruro de calcio como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (disminución del contenido de humedad óptimo) demostrado mediante el ensayo de Proctor modificado

- b) Para el nivel de significancia $\alpha:0.05$, N-2: grados de libertad se tiene en la tabla 28 el valor de t crítico, $t_c:4.3026$

- c) la regla de decisión es:

Sí: $t > t_c$: rechazamos la H_0 y aceptamos la H_a

Sí: $t < t_c$: aceptamos la H_0 y rechazamos la H_a

$$t = 14.0782 > t_c$$

- d) conclusión:

Ya que: $t > t_c$, existe suficiente evidencia para afirmar que $p \neq 0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alterna H_a : el cloruro de calcio como

agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (disminución del contenido de humedad Óptimo) demostrado mediante el ensayo de Proctor modificado.

- *Variable CBR*

Tabla 76: % cloruro de calcio vs datos de CBR

	ENSAYO DE CBR			
	SIN TRATAR	CLOURO DE CALCIO AL 0.5%	CLOURO DE CALCIO AL 1%	CLOURO DE CALCIO AL 1.5%
CBR AL 100%	55.66%	83.86%	97.01%	105.14%
Expansión	0.32%	0.14%	0.13%	0.12%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

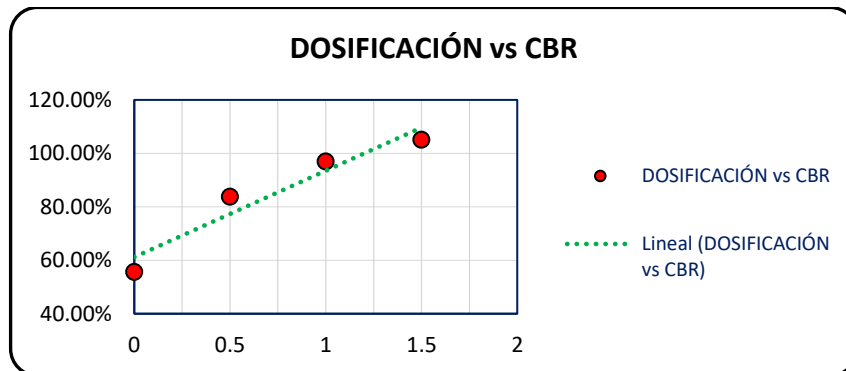


Figura 115: % cloruro de calcio vs CBR

En la figura 115, la distribución de las variables del porcentaje de dosificación de cloruro de calcio y los valores de expansión tienen una distribución lineal o normal, para lo cual el coeficiente de correlación a utilizar es Pearson.

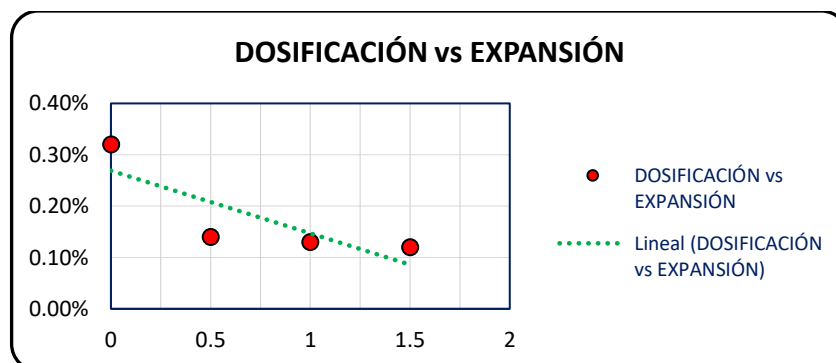


Figura 116: % cloruro de calcio vs expansión

En la figura 116, la distribución de las variables del porcentaje de dosificación de aceite sulfonado y los valores de expansión tienen una distribución lineal o normal, para lo cual el coeficiente de correlación a utilizar es Pearson.

- *Variable CBR*

Tabla 77: % cloruro de calcio vs CBR

CUADRO ESTADÍSTICO					
	% de aceite sulfonado	CBR			
	X	Y	X*Y	X ²	Y ²
	0	55.66	0	0	3098.0356
	0.5	83.86	41.93	0.25	7032.4996
	1	97.01	97.01	1	9410.9401
	1.5	105.14	157.71	2.25	11054.4196
SUMAS	3	341.67	296.65	3.5	30595.8949
PROMEDIO	0.75	85.4175	74.1625	0.875	7648.97373

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

El coeficiente de correlación de Pearson está definido por.

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

$$r = \frac{296.65 - 4(0.75)(85.4175)}{\sqrt{[3.5 - 4(0.75^2)][30595.8949 - 4(85.4175^2)]}}$$

$$r = 0.9618$$

El coeficiente de Pearson resultó 0.9686 lo cual nos indica que hay una relación lineal positiva, esto se da cuando una variable incrementa conforme la otra incrementa. Según la tabla 25 se concluye que hay una **correlación positiva muy alta**.

(r^2 = coeficiente de determinación)

$$t = \frac{r - p}{S_r} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Donde:

r = coeficiente de correlación de pearson

r^2 = coeficiente de determinación (%)



n = número de datos

$$r^2 = 0.9251$$

$$r^2 = 92.51 \%$$

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{(0.92175)(\sqrt{4-2})}{\sqrt{1-0.84962}}$$

$$t = 4.9695$$

a) Probar la hipótesis para $p \neq 0$

Hipótesis estadística:

$$H_0: p = p_0$$

$$H_a: p \neq p_0$$

H_0 = el cloruro de calcio como agente estabilizador no mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (aumento del CBR) demostrado esto mediante el ensayo de CBR – penetración.

H_a = el cloruro de calcio como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (aumento del CBR) demostrado esto mediante el ensayo de CBR – penetración.

b) Para el nivel de significancia $\alpha:0.05$, N-2: grados de libertad se tiene en la tabla

28 el valor de t crítico, $t_c:4.3026$

c) la regla de decisión es:

Sí: $t > t_c$: rechazamos la H_0 y aceptamos la H_a

Sí: $t < t_c$: aceptamos la H_0 y rechazamos la H_a

$$t = 4.9695 > t_c$$

d) Conclusión:

Ya que: $t > t_c$, existe suficiente evidencia para afirmar que $p \neq 0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora los resultados de la correlación

encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alterna H_a : el cloruro de calcio como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (aumento del CBR) demostrado mediante el ensayo de CBR – penetración.

- Variable: *Expansión*

Tabla 78: % cloruro de calcio vs expansión

CUADRO ESTADÍSTICO					
	% de aceite sulfonado	Expansión			
	X	Y	X*Y	X ²	Y ²
	0	0.32	0	0	0.1024
	0.5	0.14	0.07	0.25	0.0196
	1	0.13	0.13	1	0.0169
	1.5	0.12	0.18	2.25	0.0144
SUMAS	3	0.71	0.38	3.5	0.1533
PROMEDIO	0.75	0.1775	0.095	0.875	0.038325

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

El coeficiente de correlación de Pearson está definido por.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{X}^2][\sum_{i=1}^n y_i^2 - n\bar{Y}^2]}}$$
$$r = \frac{0.38 - 4(0.75)(0.1775)}{\sqrt{[3.5 - 4(0.75^2)][0.153 - 4(0.1775^2)]}}$$
$$r = -0.8259$$

El coeficiente de Pearson resultó -0.8259 lo cual nos indica que hay una relación lineal negativa, esto se da cuando una variable incrementa conforme la otra disminuye.

Según la tabla 25 se concluye que hay una **correlación negativa alta**.

(r^2 = coeficiente de determinación)

$$t = \frac{r - p}{S_r} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Donde:

r = coeficiente de correlación de Pearson

r^2 = coeficiente de determinación (%)

n = número de datos

$$r^2 = 0.6821$$

$$r^2 = 68.21 \%$$

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{(-0.8259)(\sqrt{4-2})}{\sqrt{1-0.6821}}$$

$$t = -2.07166$$

a) Probar la hipótesis para $p \neq 0$

Hipótesis estadística:

$$H_0: p = p_0$$

$$H_a: p \neq p_0$$

H_0 = cloruro de calcio como agente estabilizador no mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (disminución de la expansión) demostrado esto mediante el ensayo de CBR-expansión.

H_a = el cloruro de calcio como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (disminución de la expansión) demostrado esto mediante el ensayo de CBR-expansión.

b) Para el nivel de significancia $\alpha:0.05$, N-2: grados de libertad se tiene en la tabla

28 el valor de t crítico, $t_c:4.3026$

c) la regla de decisión es:

Sí: $t > t_c$: rechazamos la H_0 y aceptamos la H_a

Sí: $t < t_c$: aceptamos la H_0 y rechazamos la H_a

$$t = 2.07166 < t_c$$

d) Conclusión:

Ya que: $t < t_c$, existe suficiente evidencia para afirmar que $p \neq 0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora los resultados de la correlación

encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis nula H_0 : el cloruro de calcio como agente estabilizador no mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (disminución de la expansión) demostrado esto mediante el ensayo de CBR-expansión.

4.1.3. Resultados de resistencia a congelamiento

Para este resultado se realiza el ensayo de compresión simple, ensayo que determina la consistencia de los suelos.

4.1.3.1. Para muestras congeladas

Ensayo de compresión simple

De los datos obtenidos del ensayo de compresión simple realizados en laboratorio se muestra en la siguiente figura, resultados que se encuentran en el anexo.

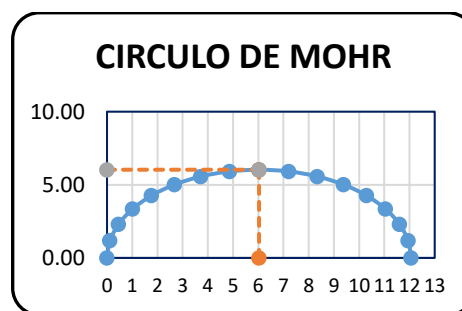


Figura 117: Circulo de Mohr muestra no tratada

- Resistencia última: 12.06 kg/cm²
- Cohesión: 6.03 kg/cm²

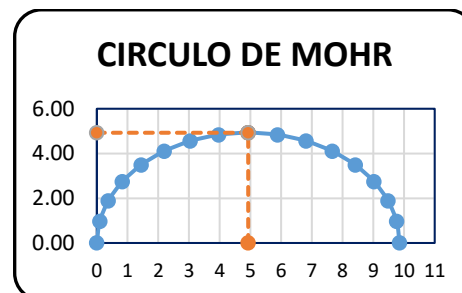


Figura 118: Circulo de Mohr muestra tratada con cloruro de calcio 0.5%

- Resistencia última: 9.86 kg/cm²
- Cohesión: 4.93 kg/cm²

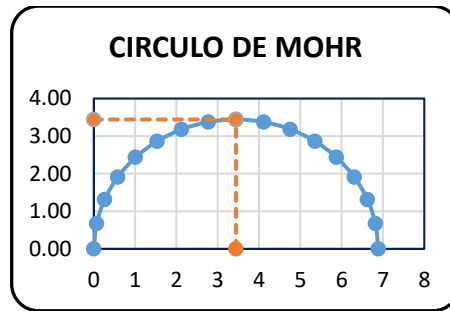


Figura 119: Circulo de Mohr muestra tratada con cloruro de calcio 1.0%

- Resistencia última: 6.88 kg/cm²
- Cohesión: 3.44 kg/cm²

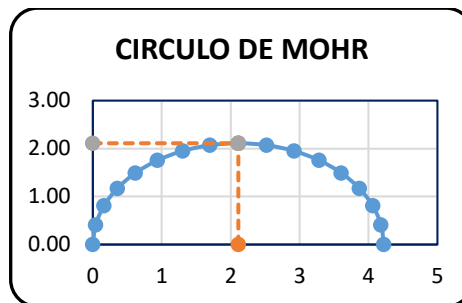


Figura 120: Circulo de Mohr muestra tratada con cloruro de calcio 1.5%

- Resistencia última: 4.22 kg/cm²
- Cohesión: 2.11 kg/cm²

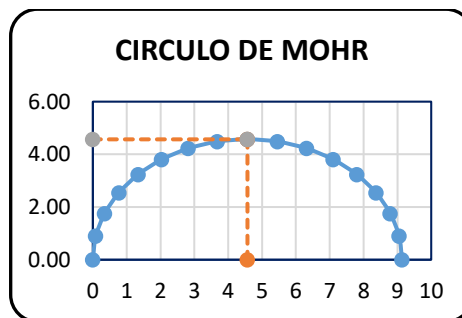


Figura 121: Circulo de Mohr muestra tratada con aceite sulfonado 0.15%

- Resistencia última: 9.14 kg/cm²
- Cohesión: 4.57 kg/cm²

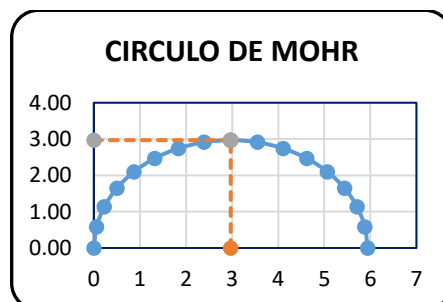


Figura 122: Circulo de Mohr muestra tratada con aceite sulfonado 0.30%

- Resistencia última: 5.94 kg/cm²
- Cohesión: 2.97 kg/cm²

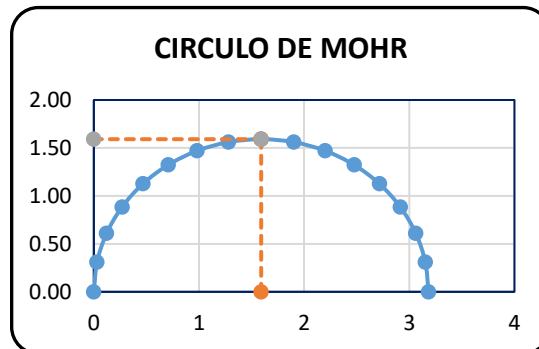


Figura 123: Circulo de Mohr muestra tratada con aceite sulfonado 0.50%

- Resistencia última: 3.18 kg/cm²
- Cohesión: 1.59 kg/cm²

4.1.3.2. Prueba de hipótesis para muestras tratadas congeladas

Para los cálculos de correlación de Pearson se utilizó la hoja de cálculo Excel para trabajar con todos sus decimales, dado que las siguientes tablas no muestran todas las decimales.

El resumen de los resultados del ensayo de compresión simple de muestras congeladas se tiene en la siguiente tabla, para la respectiva comprobación de la hipótesis.

Resultados con muestra trata con cloruro de calcio.

Tabla 79: % cloruro de calcio vs datos de compresión simple

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE				
	SIN TRATAR	CLORURO DE CALCIO AL 0.5%	CLORURO DE CALCIO AL 1.0%	CLORURO DE CALCIO AL 1.5%
Resistencia última	12.06	9.86	6.88	4.22
Cohesión	6.03	4.93	3.44	2.11

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

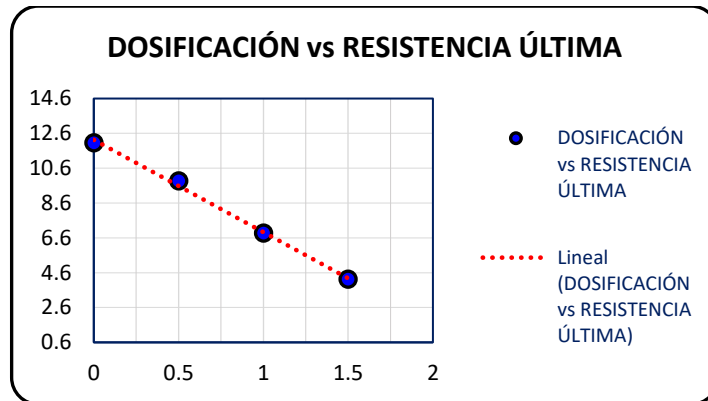


Figura 124: % de cloruro de calcio vs resistencia última

En la figura 124, la distribución de las variables del porcentaje de dosificación de aceite sulfonado y los valores de expansión tienen una distribución lineal o normal, para lo cual el coeficiente de correlación a utilizar es Pearson.

- Variable Resistencia última

Tabla 80: % cloruro de calcio vs resistencia última

	Dosificación	Resistencia última	X*Y	X ²	Y ²
	X	Y			
	0	12.06	0.00	0.00	145.44
	0.5	9.86	4.93	0.25	97.22
	1	6.88	6.88	1.00	47.33
	1.5	4.22	6.33	2.25	17.81
SUMAS	3	33.03	18.14	3.50	307.81
PROMEDIO	0.75	8.26	4.54	0.88	76.97

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

El coeficiente de correlación de Pearson está definido por.

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

$$r = \frac{18.14 - 4(0.75)(8.26)}{\sqrt{[3.5 - 4(0.75^2)][307.81 - 4(8.26^2)]}}$$

$$r = -0.9984$$

El coeficiente de Pearson resultó -0.9984 lo cual nos indica que hay una relación lineal negativa, esto se da cuando una variable incrementa conforme la otra disminuye. Según la tabla 25 se concluye que hay una **correlación negativa muy alta**.

(r^2 = coeficiente de determinación)

$$t = \frac{r - p}{S_r} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Donde:

r = coeficiente de correlación de Pearson

r^2 = coeficiente de determinación (%)

n = número de datos

$$r^2 = 0.9968$$

$$r^2 = 99.68 \%$$

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{(0.9984)(\sqrt{4-2})}{\sqrt{1-0.9969}}$$

$$t = 24.88$$

a) Probar la hipótesis para $p \neq 0$

Hipótesis estadística:

$$H_0: p = p_0$$

$$H_a: p \neq p_0$$

H_0 = el cloruro de calcio como agente estabilizador no mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (disminución de la resistencia última sometidas a congelamiento) demostrado esto mediante el ensayo de compresión simple.

H_a = el cloruro de calcio como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (disminución de la resistencia última sometidas a congelamiento) demostrado esto mediante el ensayo de compresión simple.

b) Para el nivel de significancia $\alpha:0.05$, N-2: grados de libertad se tiene en la tabla 28 el valor de t crítico, $t_c:4.3026$

c) la regla de decisión es:

Sí: $t > t_c$: rechazamos la H_0 y aceptamos la H_a

Sí: $t < t_c$: aceptamos la H_0 y rechazamos la H_a

$$t = 24.88 > t_c$$

d) Conclusión:

Ya que: $t > t_c$, existe suficiente evidencia para afirmar que $p \neq 0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alterna H_a : el cloruro de calcio como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (disminución de la resistencia última sometidas a congelamiento) demostrado esto mediante el ensayo de compresión simple.

Resultados con muestra trata con aceite sulfonado

Tabla 81: % aceite sulfonado vs datos de compresión simple

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE				
	SIN TRATAR	ACEITE SULFONADO AL 0.15%	ACEITE SULFONADO AL 0.30%	ACEITE SULFONADO AL 0.50%
Carga máxima	12.06	9.14	5.94	3.18

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

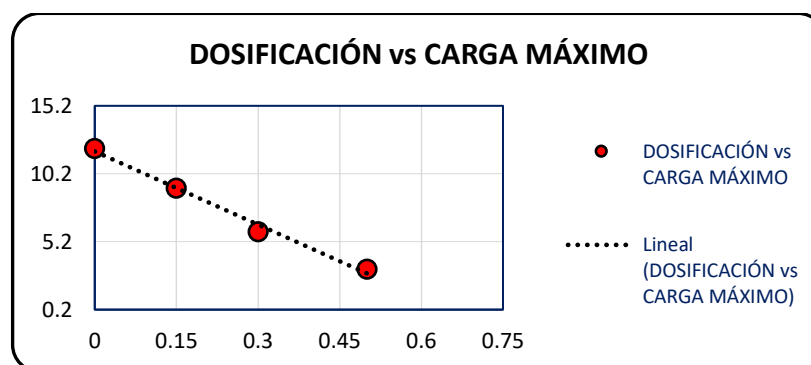


Figura 125: % de aceite sulfonado vs resistencia última

En la figura 125, la distribución de las variables del porcentaje de dosificación de aceite sulfonado y los valores de expansión tienen una distribución lineal o normal, para lo cual el coeficiente de correlación a utilizar es Pearson.

- *Variable Resistencia Última*

Tabla 82: % aceite sulfonado vs resistencia última

	Dosificación	Resistencia última	X*Y	X ²	Y ²
	X	Y	X*Y	X ²	Y ²
	0	12.06	0.00	0.00	145.44
	0.15	9.14	1.37	0.02	83.54
	0.3	5.94	1.78	0.09	35.28
	0.5	3.18	1.59	0.25	10.11
SUMAS	0.95	30.32	4.74	0.36	274.38
PROMEDIO	0.24	7.58	1.19	0.09	68.61

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

El coeficiente de correlación de Pearson está definido por.

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

$$r = \frac{4.74 - 4(0.24)(7.58)}{\sqrt{[0.36 - 4(0.24^2)][274.38 - 4(7.58^2)]}}$$

$$r = -0.9954$$

El coeficiente de Pearson resultó -0.9954 lo cual nos indica que hay una relación lineal negativa, esto se da cuando una variable incrementa conforme la otra disminuye. Según la tabla 25 se concluye que hay una **correlación negativa muy alta**.

(r^2 = coeficiente de determinación)

$$t = \frac{r - p}{S_r} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Donde:

r = coeficiente de correlación de Pearson

r^2 = coeficiente de determinación (%)

n = número de datos

$$r^2 = 0.9907$$

$$r^2 = 99.07 \%$$

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{(0.9954)(\sqrt{4-2})}{\sqrt{1-0.9907}}$$

$$t = 14.62$$

a) Probar la hipótesis para $p \neq 0$

Hipótesis estadística:

$$H_0: p = p_0$$

$$H_a: p \neq p_0$$

H_0 = el aceite sulfonado como agente estabilizador no mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (disminución de la resistencia última sometidas a congelamiento) demostrado esto mediante el ensayo de compresión simple.

H_a = el aceite sulfonado como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (disminución de la resistencia última sometidas a congelamiento) demostrado esto mediante el ensayo de compresión simple.

b) Para el nivel de significancia $\alpha:0.05$, N-2: grados de libertad se tiene en la tabla

28 el valor de t crítico, $t_c:4.3026$

c) la regla de decisión es:

Sí: $t > t_c$: rechazamos la H_0 y aceptamos la H_a

Sí: $t < t_c$: aceptamos la H_0 y rechazamos la H_a

$$t = 14.62 > t_c$$

d) Conclusión:

Ya que: $t > t_c$, existe suficiente evidencia para afirma que $p \neq 0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora los resultados de la correlación

encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alterna H_a : el aceite sulfonado como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (disminución de la resistencia última sometidas a congelamiento) demostrado esto mediante el ensayo de compresión simple.

4.1.3.3. Para muestras no congeladas

Ensayo de triaxial

De los datos obtenidos del ensayo de triaxial realizados en laboratorio se muestra en la siguiente figura, resultados que se encuentran en el anexo.

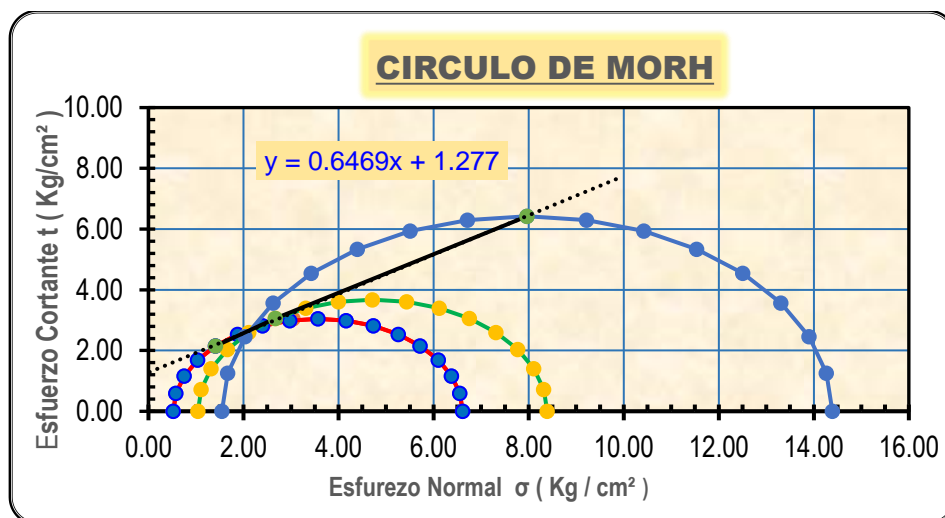


Figura 126: Circulo de Mohr muestra no tratada

- Angulo de fricción: 32.90kg/cm²
- cohesión: 1.2770kg/cm²

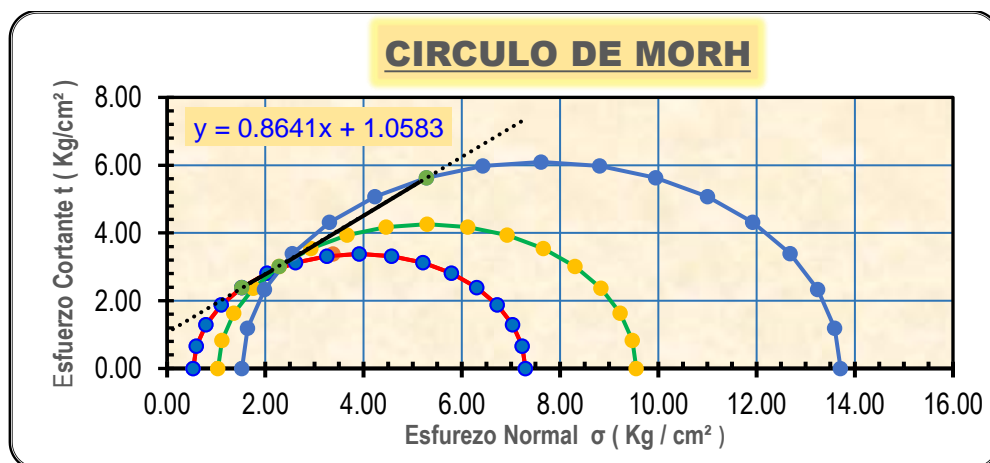


Figura 127: Circulo de Mohr muestra tratada con cloruro de calcio 0.5%

- Angulo de fricción: 40.83 kg/cm²
- Cohesión: 1.058 kg/cm²

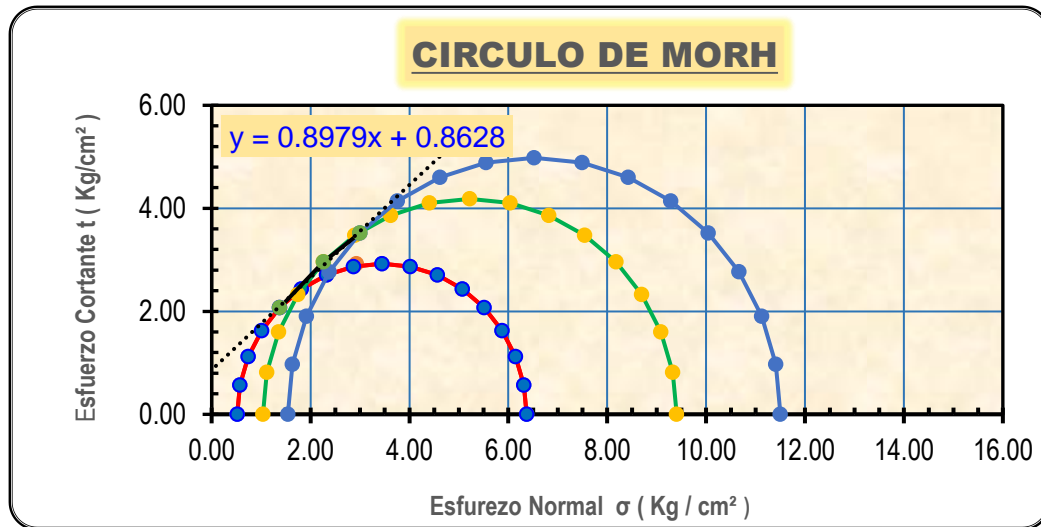


Figura 128: Circulo de Mohr muestra tratada con cloruro de calcio 1.0%

- Angulo de fricción: 41.92 kg/cm²
- Cohesión: 0.863 kg/cm²

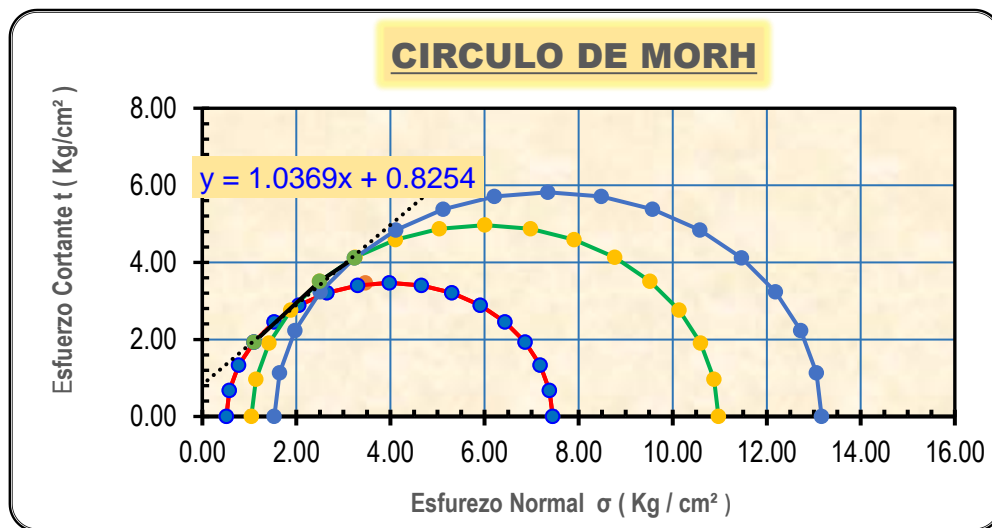


Figura 129: Circulo de Mohr muestra tratada con cloruro de calcio 1.5%

- Angulo de fricción: 46.04 kg/cm²
- cohesión: 0.825 kg/cm²

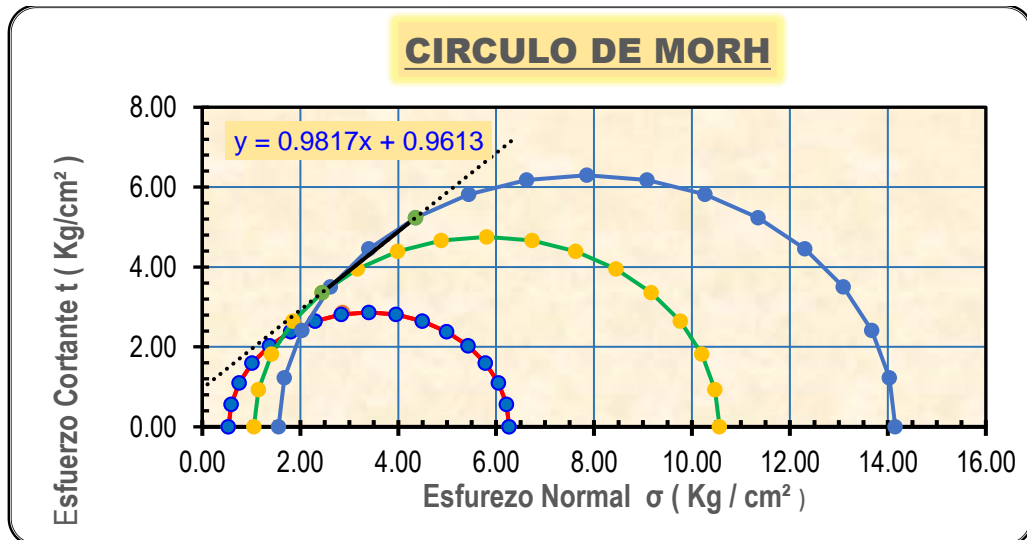


Figura 130: Circulo de Mohr muestra tratada con aceite sulfonado 0.15%

- ángulo de fricción: 44.47 kg/cm²
- Cohesión: 0.961 kg/cm²

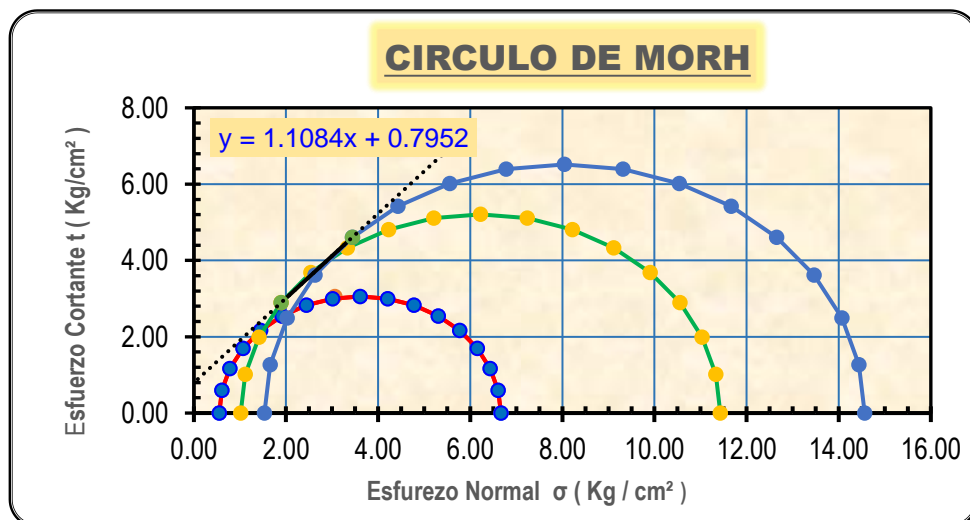


Figura 131: Circulo de Mohr muestra tratada con aceite sulfonado 0.30%

- Angulo de fricción: 47.94 kg/cm²
- Cohesión: 0.795 kg/cm²

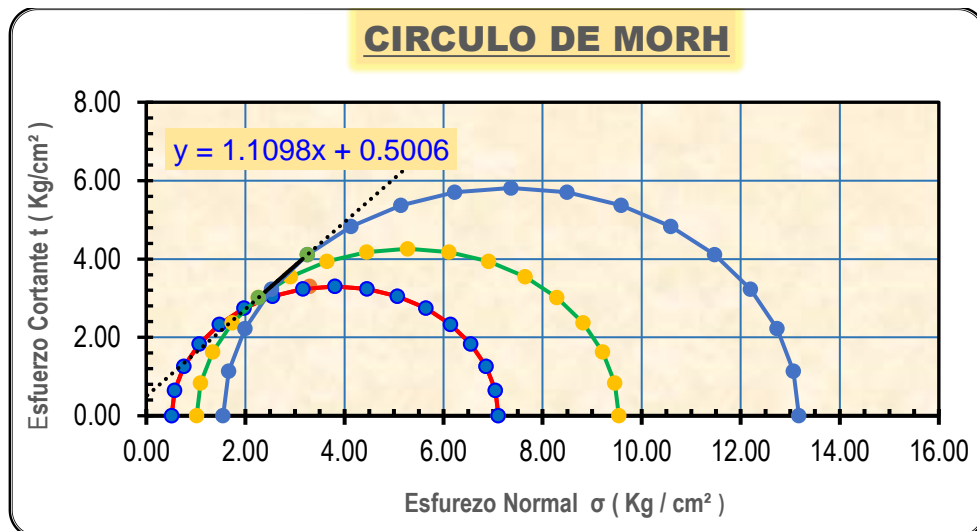


Figura 132: Circulo de Mohr muestra tratada con aceite sulfonado 0.50%

- Angulo de fricción: 47.98 kg/cm²
- Cohesión: 0.501 kg/cm²

4.1.3.4. Prueba de hipótesis para muestras tratadas no congeladas

Resultados con muestra trata con cloruro de calcio.

Tabla 83: % cloruro de calcio vs datos de triaxial

ENSAYO DE TRIAXIAL				
	SIN TRATAR	CLORURO DE CALCIO AL 0.5%	CLORURO DE CALCIO AL 1.0%	CLORURO DE CALCIO AL 1.5%
Cohesión	1.28	1.06	0.86	0.83
Fricción	32.90	40.83	41.92	46.04

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

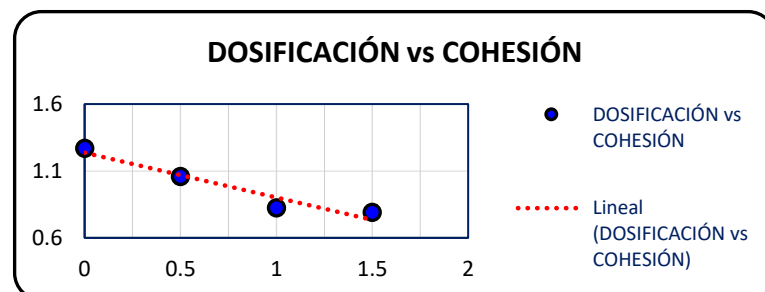


Figura 133: % cloruro de calcio vs cohesión

En la figura 133, la distribución de las variables del porcentaje de dosificación de cloruro de calcio y los valores de cohesión tienen una distribución lineal o normal, para lo cual el coeficiente de correlación a utilizar es Pearson.

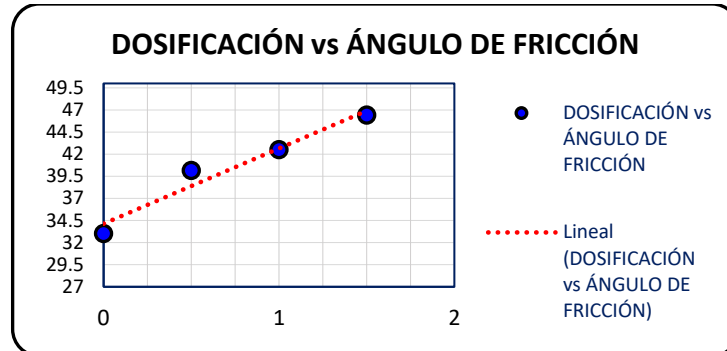


Figura 134: % cloruro de calcio vs ángulo de fricción

En la figura 134, la distribución de las variables del porcentaje de dosificación de cloruro de calcio y los valores de ángulo de fricción tienen una distribución lineal o normal, para lo cual el coeficiente de correlación a utilizar es Pearson.

- *Variable cohesión*

Tabla 84: % cloruro de calcio vs cohesión

	Dosificación	Cohesión			
	X	Y	X*Y	X^2	Y^2
	0	1.28	0.00	0.00	1.64
	0.5	1.06	0.53	0.25	1.12
	1	0.86	0.86	1.00	0.74
	1.5	0.83	1.25	2.25	0.69
SUMAS	3	4.02	2.64	3.50	4.19
PROMEDIO	0.75	1.01	0.66	0.88	1.05

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

El coeficiente de correlación de Pearson está definido por.

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

$$r = \frac{2.63 - 4(0.75)(1.01)}{\sqrt{[3.5 - 4(0.75^2)][4.19 - 4(1.01^2)]}}$$

$$r = -0.9602$$

El coeficiente de Pearson resultó -0.9602 lo cual nos indica que hay una relación lineal negativa, esto se da cuando una variable incrementa conforme la otra disminuye. Según la tabla 25 se concluye que hay una **correlación negativa muy alta**.

(r^2 = coeficiente de determinación)

$$t = \frac{r - p}{S_r} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Donde:

r = coeficiente de correlación de Pearson

r^2 = coeficiente de determinación (%)

n = número de datos

$$r^2 = 0.9221$$

$$r^2 = 92.21 \%$$

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{(0.9602)(\sqrt{4-2})}{\sqrt{1-0.9221}}$$

$$t = 4.87$$

a) Probar la hipótesis para $p \neq 0$

Hipótesis estadística:

$$H_0: p = p_0$$

$$H_a: p \neq p_0$$

H_0 = el cloruro de calcio como agente estabilizador no mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (disminución de la cohesión) demostrado mediante el ensayo de triaxial.

H_a = el cloruro de calcio como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (disminución de la cohesión) demostrado mediante el ensayo de triaxial.

b) Para el nivel de significancia $\alpha:0.05$, N-2: grados de libertad se tiene en la tabla 28 el valor de t crítico, $t_c:4.3026$

c) la regla de decisión es:

Sí: $t > t_c$: rechazamos la H_0 y aceptamos la H_a

Sí: $t < t_c$: aceptamos la H_0 y rechazamos la H_a

$$t = 4.87 > t_c$$

d) Conclusión:

Ya que: $t > t_c$, existe suficiente evidencia para afirmar que $p \neq 0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alterna H_a .

• Variable ángulo de fricción

Tabla 85: % cloruro de calcio vs ángulo fricción

	Dosificación	Angulo de fricción			
	X	Y	X*Y	X^2	Y^2
	0	32.90	0.00	0.00	1082.41
	0.5	40.83	20.42	0.25	1667.09
	1	41.92	41.92	1.00	1757.29
	1.5	46.04	69.06	2.25	2119.68
SUMAS	3	161.69	131.40	3.50	6626.47
PROMEDIO	0.75	40.42	32.85	0.88	1656.62

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

El coeficiente de correlación de Pearson está definido por.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{X}^2][\sum_{i=1}^n y_i^2 - n\bar{Y}^2]}}$$
$$r = \frac{131.40 - 4(0.75)(40.42)}{\sqrt{[3.5 - 4(0.75^2)][6626.47 - 4(40.42^2)]}}$$
$$r = 0.9519$$

El coeficiente de Pearson resultó 0.9519 lo cual nos indica que hay una relación lineal positiva, esto se da cuando una variable incrementa conforme la otra incrementa. Según la tabla 25 se concluye que hay una **correlación positiva muy alta**.

(r^2 = coeficiente de determinación)

$$t = \frac{r - p}{S_r} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Donde:

r = coeficiente de correlación de Pearson

r^2 = coeficiente de determinación (%)

n = número de datos

$$r^2 = 0.9061$$

$$r^2 = 90.61 \%$$

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{(0.9519)(\sqrt{4-2})}{\sqrt{1-0.9061}}$$

$$t = 4.39$$

a) Probar la hipótesis para $p \neq 0$

Hipótesis estadística:

$$H_0: p = p_0$$

$$H_a: p \neq p_0$$

H_0 = el cloruro de calcio como agente estabilizador no mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (aumento del ángulo de fricción) demostrado esto mediante el ensayo de triaxial.

H_a = el cloruro de calcio como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (aumento del ángulo de fricción) demostrado esto mediante el ensayo de triaxial.

b) Para el nivel de significancia $\alpha:0.05$, N-2: grados de libertad se tiene en la tabla 24 el valor de t crítico, $t_c:4.3026$

c) la regla de decisión es:

Sí: $t > t_c$: rechazamos la H_0 y aceptamos la H_a

Sí: $t < t_c$: aceptamos la H_0 y rechazamos la H_a

$$t = 4.39 > t_c$$

d) Conclusión:

Ya que: $t > t_c$, existe suficiente evidencia para afirmar que $p \neq 0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alterna H_a : el cloruro de calcio como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (aumento del ángulo de fricción) demostrado esto mediante el ensayo de triaxial.

Resultados con muestra tratada con aceite sulfonado.

Tabla 86: % aceite sulfonado vs datos de triaxial

ENSAYO DE TRIAXIAL				
	SIN TRATAR	ACEITE SULFONADO AL 0.15%	ACEITE SULFONADO AL 0.30%	ACEITE SULFONADO AL 0.50%
Cohesión	1.28	0.96	0.80	0.50
Fricción	32.90	44.47	47.94	47.98

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

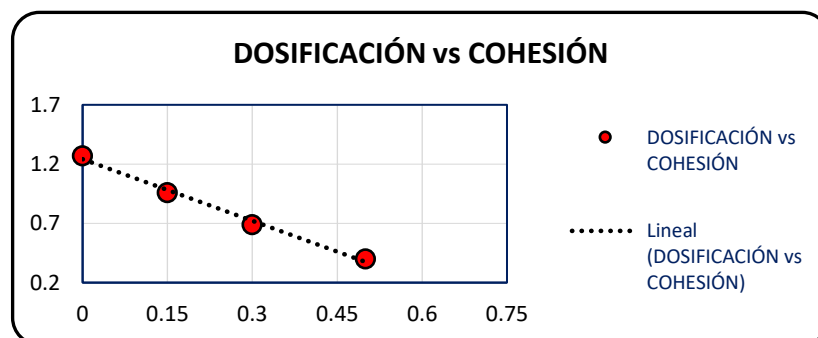


Figura 135: % aceite sulfonda vs cohesión

En la figura 135, la distribución de las variables del porcentaje de dosificación de aceite sulfonado y los valores de cohesión tienen una distribución lineal o normal, para lo cual el coeficiente de correlación a utilizar es Pearson.

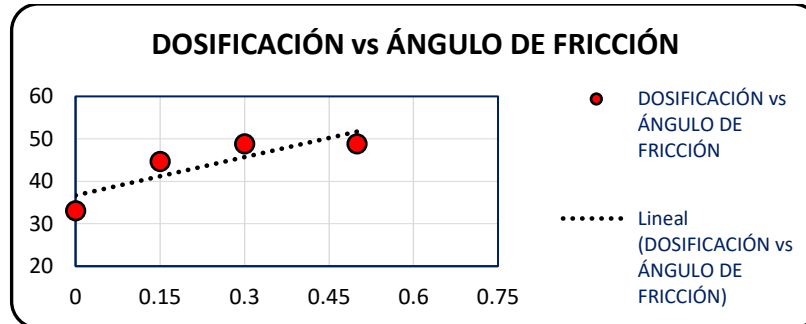


Figura 136: % aceite sulfonado vs ángulo de fricción

En la figura 136, la distribución de las variables del porcentaje de dosificación de aceite sulfonado y los valores de ángulo de fricción tienen una distribución lineal o normal, para lo cual el coeficiente de correlación a utilizar es Pearson.

- *Variable cohesión*

Tabla 87: % aceite sulfonado vs cohesión

	Dosificación	Cohesión			
	X	Y	X*Y	X^2	Y^2
	0	1.28	0.00	0.00	1.64
	0.15	0.96	0.14	0.02	0.92
	0.30	0.80	0.24	0.09	0.64
	0.50	0.50	0.25	0.25	0.25
SUMAS	0.95	3.54	0.63	0.36	3.45
PROMEDIO	0.24	0.89	0.16	0.09	0.86

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

El coeficiente de correlación de Pearson está definido por.

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

$$r = \frac{0.63 - 4(0.24)(0.89)}{\sqrt{[0.36 - 4(0.24^2)][3.45 - 4(0.89^2)]}}$$

$$r = -0.9924$$

El coeficiente de Pearson resultó -0.9924 lo cual nos indica que hay una relación lineal negativa, esto se da cuando una variable incrementa conforme la otra disminuye. Según la tabla 25 se concluye que hay una **correlación negativa muy alta**.

(r^2 = coeficiente de determinación)

$$t = \frac{r - p}{S_r} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Donde:

r = coeficiente de correlación de pearson

r^2 = coeficiente de determinación (%)

n = número de datos

$$r^2 = 0.9849$$

$$r^2 = 98.49 \%$$

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{(0.9924)(\sqrt{4-2})}{\sqrt{1-0.9849}}$$

$$t = 11.40$$

a) Probar la hipótesis para $p \neq 0$

Hipótesis estadística:

$$H_0: p = p_0$$

$$H_a: p \neq p_0$$

H_0 = el aceite sulfonado como agente estabilizador no mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (disminución de la cohesión) demostrado esto mediante el ensayo de triaxial.

H_a = el aceite sulfonado como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (disminución de la cohesión) demostrado esto mediante el ensayo de triaxial.

b) Para el nivel de significancia $\alpha:0.05$, N-2: grados de libertad se tiene en la tabla 24 el valor de t crítico, $t_c:4.3026$

c) la regla de decisión es:

Sí: $t > t_c$: rechazamos la H_0 y aceptamos la H_a

Sí: $t < t_c$: aceptamos la H_0 y rechazamos la H_a

$$t = 11.40 > t_c$$

d) Conclusión:

Ya que: $t > t_c$, existe suficiente evidencia para afirmar que $p \neq 0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis alterna H_a .

- Variable ángulo de fricción

Tabla 88: % aceite sulfonado vs ángulo de fricción

	Dosificación	Angulo de fricción	X*Y	X^2	Y^2
	X	Y			
	0	32.90	0.00	0.00	1082.41
	0.15	44.47	6.67	0.02	1977.58
	0.3	47.94	14.38	0.09	2298.24
	0.5	47.98	23.99	0.25	2302.08
SUMAS	0.95	173.29	45.04	0.36	7660.31
PROMEDIO	0.24	43.32	11.26	0.09	1915.08

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

El coeficiente de correlación de Pearson está definido por.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n\bar{X}\bar{Y}}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{X}^2][\sum_{i=1}^n y_i^2 - n\bar{Y}^2]}}$$
$$r = \frac{45.04 - 4(0.24)(43.32)}{\sqrt{[0.36 - 4(0.24^2)][7660.31 - 4(43.32^2)]}}$$
$$r = 0.8493$$

El coeficiente de Pearson resultó 0.8493 lo cual nos indica que hay una relación lineal positiva, esto se da cuando una variable incrementa conforme la otra incrementa. Según la tabla 25 se concluye que hay una **correlación positiva alta**.

(r^2 = coeficiente de determinación)

$$t = \frac{r - p}{S_r} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Donde:

r = coeficiente de correlación de Pearson

r^2 = coeficiente de determinación (%)

n = número de datos

$$r^2 = 0.7213$$

$$r^2 = 72.13 \%$$

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{(0.8493)(\sqrt{4-2})}{\sqrt{1-0.7212}}$$

$$t = 2.28$$

a) Probar la hipótesis para $p \neq 0$

Hipótesis estadística:

$$H_0: p = p_0$$

$$H_a: p \neq p_0$$

H_0 = el aceite sulfonado como agente estabilizador no mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (aumento del ángulo de fricción) demostrado esto mediante el ensayo de triaxial.

H_a = el aceite sulfonado como agente estabilizador mejora el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos (aumento del ángulo de fricción) demostrado esto mediante el ensayo de triaxial.



b) Para el nivel de significancia $\alpha:0.05$, N-2: grados de libertad se tiene en la tabla 28 el valor de t crítico, $t_c:4.3026$

c) la regla de decisión es:

Sí: $t > t_c$: rechazamos la H_0 y aceptamos la H_a

Sí: $t < t_c$: aceptamos la H_0 y rechazamos la H_a

$$t = 2.28 < t_c$$

d) Conclusión:

Ya que: $t < t_c$, existe suficiente evidencia para afirma que $p \neq 0$, es decir que la correlación es diferente de cero. Esto corrobora los resultados de la correlación encontrada. Por tal motivo se acepta la hipótesis nula H_0 .

4.1.4. Resultados de incidencia de costo de aplicación

El costo de aplicación se realizará sobre un tramo de prueba de 500 metros u 0.5 km, esto es, para su respectiva cuantificación o metrado.

4.1.4.1. Metrado del tramo de prueba

Para el tamo de prueba se considerará los siguientes datos:

- L=500m
- A=5m
- h=0.20m
- Volumen compactado =500 m³
- Volumen esponjado = 600 m³

De las canteras

Cantera Chipana:

- Longitud de acceso: 0.570 desvío en la progresiva 06+180 Distancia media de cantera a progresiva 0+250: 6500m = 6.5 km

Cantera Challacollo

- Longitud de acceso 1.675 km

- Desvío en la progresiva 14+200 Distancia media de cantera a progresiva.
0+250: 15625m = 15.625km Cuantificación de material para conformación para 1 m³

Material tratado con aceite sulfonado

Cuantificación para muestra tratada con aceite sulfonado por metro cubico

Tabla 89: Cuantificación de aceite sulfonado en 1m³

Descripción	Datos	Datos conv.	Para 1m ³
Densidad seca máxima	2.081 gr/cc		
Contenido de humedad optimo	8.53 %		
Volumen de molde	2116.01 cc	0.0021160 m ³	1.00 m ³
Densidad húmeda	2.26 gr/cc		
Peso húmedo	4778.94 gr		
Peso de muestra seca 100%	100.00 %	4397.36 gr	2078.1379 kg
Peso de agua 8.53%	8.53 %	374.98 gr	177.2111kg
Peso de aditivo 0.15%	0.15 %	6.60 gr	3.1172 kg

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Material tratado con cloruro de calcio

Cuantificación para muestra tratada con cloruro de calcio por metro cúbico

Tabla 90: Cuantificación de cloruro de calcio en 1 m³

Descripción	Datos	Datos conv.	Para 1m ³
Densidad seca máxima	2.0713 gr/cc		
Contenido de humedad Óptimo	8.6834%		
Volumen de molde	2116.01 cc	0.00211601 m ³	1.00 m ³
Densidad húmeda	2.25 gr/cc		
Peso húmedo	4763.58 gr		
Peso de muestra seca 100%	100.00%	4363.05 gr	2061.9250 kg
Peso de agua 8.68%	8.68%	378.71 gr	178.9751 kg
Peso de aditivo 0.50%	0.50%	21.82 gr	10.3096 kg

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Material para diseño tradicional de base

Cuantificación para muestra tratada mediante dos canteras

De la granulometría se tiene que:

- Agregado fino de la cantera Chipana es de 57.09%
- Agregado grueso de cantera Challacollo es de 42.91%

Tabla 91: Cuantificación de agregado de canteras en 1 m³

Descripción	Datos	Datos conv.	Peso para 1m ³	Vol. Para 1m ³
Densidad seca máxima	2.0995 gr/cc			
Contenido de humedad Óptimo	8.33%			
Volumen de molde	2116.01 cc	0.0020144 m ³	1.00 m ³	
Densidad húmeda	2.27 gr/cc			
Peso húmedo	4581.55 gr			
Muestra de cantera Chipana	52.33%	2397.63 gr	1190.2747 kg	0.4215 m ³
Muestra de cantera Challacollo	39.34%	1802.18 gr	894.6714 kg	0.3890 m ³
Contenido de humedad Óptimo	8.33%	381.73 gr	189.5073 kg	0.1895 m ³

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 92: Porcentaje de canteras en 1 m³

Descripción	Vo. %	vol. para 500m ³
Vol. Cantera Chipana	42.15%	51.63%
Vol. Cantera Challacollo	38.90%	48.37%
Vol. Agua	18.98%	258

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Material según expediente técnico de una carretera:

Conformación de base granular, según expediente técnico de una carretera, ubicándose una cantera de roca a la mitad de la vía con un acceso de 500 metros.

Según expediente técnico para la conformación de base granular se necesita:

- 30% de piedra chancada
- 70% de hormigón

Cuantificación para tramo de prueba

- Volumen compactado: 500 m³
- Piedra chancada: 150 m³
- Hormigón: 350 m³

Cuantificación para tramo de prueba

- Volumen esponjado = 561 m³

- Piedra chancada (esponjamiento + desperdicio: 5%) = 158 m³
- Material hormigón (esponjamiento + desperdicio: 15%) = 403 m³

Se tiene canteras de rocas y piedras a la mitad de la vía en estudio progresiva 10+030 para su producción de piedra chancada con un acceso de 0.5 km.

Distancia media de cantera a progresiva. 0+250: 10280m = 10.28km

4.1.4.2. Recursos para el análisis de costos unitarios

Recursos para la elaboración de costos unitarios

Los costos de la mano de obra y materiales son basados al expediente técnico de la carretera desvío desaguadero Kelluyo, y los costos de hora máquina de acuerdo a la propuesta del equipo mecánico del gobierno regional OEM.

Tabla 93: Recurso mano de obra

Mano de obra		
Operario	hh	11.04
Oficial	hh	9.98
Peón	hh	8.91

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 94: Recursos materiales

Materiales		
Agua puesta en obra	m ³	20.93
Pago por extracción de canteras	m ³	3.00
Aceite sulfonado	kg	7.00
Cloruro de calcio	kg	4.50
Pago por extracción de canteras de hormigón	m ³	3.00

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 95: Recursos equipo y maquinarias

Equipos y maquinarias		
Herramientas manuales	%mo	
Rodillo liso vibratorio autopropulsado 7- 9 ton	hm	103.10
Cargador sobre llantas de 125-135 hp 3 yd3	hm	145.92
Excavadora sobre orugas 115-165 hp	hm	249.32
Tractor de orugas	hm	250.25
Motoniveladora 130 - 135 hp	hm	150.00
Camión volquete de 15 m3	hm	93.80
Grupo electrógeno de 150 kW.	hm	120.00
Chancadora primaria secundaria	hm	543.80
Zaranda	hm	10.00
Zaranda vibratoria 140 hp - 100 ton/h (inc. g.e.)	hm	60.00
Zaranda doble apertura	hm	20.00

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Metrado y análisis de costos unitarios

La planilla de metrado y el análisis de costos unitarios se adjuntan en el anexo, donde se muestra el resumen en el siguiente cuadro.

Tabla 96: Valorización de base granular tratada con aceite sulfonado

01.01	Conformación de base granular mejorado con aceite sulfonado al 0.15%	Und.	Metrado	C.U.	Parcial	s/.23,865.00
01.01.01	Material ligante de cantera Chipana	m3	600	10.75	6450	
01.01.02	Conformación de base granular dosificado con aceite sulfonado	m3	500	30.54	15270	
01.01.03	Transporte de material de cantera Chipana a más de 120m.	m3k	3900	0.55	2145	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 97: Valorización de base granular tratada con cloruro de calcio

01.02	Conformación de base granular mejorado con cloruro de calcio al 0.50%	Und.	Metrado	C.U.	Parcial	s/.36,170.00
01.02.01	Material ligante de cantera Chipana	m3	600	10.75	6450	
01.02.02	Conformación de base granular dosificado con cloruro de calcio	m3	500	55.15	27575	
01.02.03	Transporte de material de cantera Chipana a más de 120m.	m3k	3900	0.55	2145	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 98: Valorización de base granular tratada con dos canteras

01.03	Conformación de base granular mejorado con dos canteras	Metrado	C.U.	Parcial	s/.18,821.79
01.03.01	Agregado fino ligante de cantera Chipana	m3	340	17.08	5294.80
01.03.02	Agregado grueso hormigón de cantera Challacollo	m3	249	15.43	4289.54
01.03.03	Conformación de base granular e=20 cm (inc. batido)	m3	500	11.48	5740.00
01.03.04	Transporte de material de cantera Chipana a más de 120m.	m3k	2210	0.55	1108.25
01.03.05	Transporte de material de cantera Challaco (Hernández Sampieri & Fernández Collado, 1998)llo a más de 120m.	m3k	3891	0.55	2389.20

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Tabla 99: Valorización de base granular según expediente técnico

01.04	Conformación de base granular según expediente técnico	Metrado	C.U.	Parcial	s/.24,638.92
01.04.01	Material hormigón	m3	403	12.37	4985.11
01.04.02	Material chancado	m3	158	56.47	8922.26
01.04.03	Conformación de base granular con maquinaria pesada	m2	2500	2.55	6375
01.04.04	Transporte de material hormigón a más de 120m et	m3k	6297	0.55	3463.35
01.04.05	Transporte de material chancado a más de 120m et	m3k	1624	0.55	893.2

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

4.2. DISCUSIÓN

- La característica principal al estabilizar suelos con el aditivo aceite sulfonado, incrementa el ángulo de fricción y disminuye la cohesión donde estos parámetros guardan relación con el valor de CBR e índice de plasticidad. También provoca una acción aglutinante sobre los materiales finos, por lo que se puede lograr la conformación de una base densamente compactada y los porcentajes de CBR que pueden pasar el 100%. Bada (2016) refiere un aumento del valor de soporte relativo y de la resistencia de los resultados hasta el 200%.

V. CONCLUSIONES

- Con el uso de los aditivos aceite sulfonado al 0.15% y cloruro de calcio al 0.50%, que viene a ser la dosificación óptima y económica a su vez, mejora las propiedades físico – mecánicas como se muestra en el siguiente cuadro:

<i>Ensayo</i>	<i>Característica</i>	<i>aceite sulfonado al 0.15%</i>	<i>cloruro de calcio 0.50%</i>
Limite líquido	Reducción	3.10%	5.15%
Índice de plasticidad	Reducción	3.60%	2.20%
Contenido de humedad optimo	Reducción	0.44%	0.29%
Densidad seca máxima	Incremento	0.04 gr/cm^3	0.03 gr/cm^3
CBR	Incremento	28.73%	28.20%
Expansión	Reducción	0.18%	0.18%
Cohesión	Reducción	0.32 kg/cm^3	0.22 kg/cm^3
Fricción	Incremento	11.57°	7.93°

- Las muestras tratadas con aceite sulfonado a un 0.15%, y cloruro de calcio a un 0.50%, de dosificación en peso tiene una resistencia al congelamiento, en donde se tiene una disminución en 2.92 y 2.21 kg/cm^2 de carga máxima con respecto a una muestra sin tratar donde puede observar que el efecto de congelamiento disminuye.
- El costo de aplicación del aditivo aceite sulfonado es de s/. 773.92 menos con respecto a una base tradicional y con la aplicación del aditivo cloruro de calcio es de s/. 11, 531.08 superior con respecto a dicha base, valorización comprendida a un metrado de un tramo de prueba de 500 metros.



VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar el aditivo aceite sulfonado en una dosificación de 0.15% en lugares donde la cota sobrepase los 4000 msnm, ya que tiene alta resistencia al efecto de congelamiento por ser un aditivo hidrofóbico a lo contrario del cloruro de calcio donde esta vendría a ser un aditivo hidrostático.



VII. REFERENCIAS

- Bada, D. F. (2016). *Aplicación del aditivo químico conaid para atenuar la plasticidad del material granular del tramo de la carretera Tauca - Bambas (km 73 + 514 - km 132 +537) de la ruta nacional pe - 3na. (tesis de posgrado)*. Universidad Privada Antenor Orrego - UPAO, Trujillo, Perú.
- Bonifacio, W. M., & Arquímedez, S. J. (2015). *Estabilización química en carreteras no pavimentadas usando cloruro de magnesio, cloruro de calcio y cemento en la región Lambayeque (tesis de pregrado)*. Lambayeque.
- CENEPRED. (s.f.). ESCENARIO DE RIESGOS POR BAJAS TEMPERATURAS. Perú.
- Cometa, S., & Mendez, N. J. (2006). *Correlacion entre los resultados obtenidos en el ensayo de corte directo y el ensayo de triaxial en un suelo arcilloso típico de la Zona Occidental de Bogotá (tesis de Grado)*. BOGOTÁ.
- Crespo, C. (2004). *MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES* (Quinta ed.). Mexico: Limusa.
- DIRECCIÓN REGIONAL SENAMHI-PUNO. (2013). *ESTUDIO DE LA CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL Y TEMPERATURA DEL AIRE*. PUNO-PERÚ.
- Gutierrez, 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 pregrado)*. Universidad Ricardo Palma., Lima- Perú.



- Hernández Sampieri, R., & Fernández Collado, C. (1998). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Huaquisto Cáceres, S. (2012). *Mecánica de Suelos MANUAL DE SUELOS*. EDITORIAL UNAP.
- Ibañez Quispe, V. (2009). *ANÁLISIS Y DISEÑO DE EXPERIMENTOS*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO., Puno-Perú.
- M. Das, B. (2015). *FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA GEOTÉCNICA* (Vol. 4^o edición). -México: Cengage Learning.: México D.F.
- Mendoza, M., & Guadarrama, J. (2008). *Bases y SubBases*. México: Unidad Zacatenco.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras:"Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima: Sección: Suelos y Pavimentos.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG-2014*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES*.
- Núñez, D. (2011). *“Elección y Dosificación del Conglomerante en estabilización de Suelos” (tesis de pregrado)*. Instituto Tecnológico de Sonora, Obregón.
- Ravines Merino, M. A. (2010). *PRUEBAS CON UN PRODUCTO ENZIMÁTICO COMO AGENTE ESTABILIZADOR DE SUELOS PARA CARRETERAS (Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil)*. Universidad de Piura, Piura.



- Restrepo, L. F., & González, J. (2007). De Pearson a Spearman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20, :183-192.
- Sáez Castillo, A. J. (2012). *Apuntes de Estadística para Ingenieros*. España: Departamento de Estadística e Investigación Operativa.
- Suárez, M. O., & Tapia, F. A. (2018). *INTERAPRENDIZAJE DE ESTADÍSTICA BÁSICA* (Vol. Segundo). Ibarra - Ecuador.
- Ugaz, R. M. (2006). *Estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de subrasante, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú; Aceite sulfonado (CON-AID) (Tesis de pregrado)*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Valerio Salas, O. (2011). Ensayos triaxiales para suelos. *Métodos & Materiales*, 1.
- Yucra, A., & Camala, E. I. (2017). *Análisis del uso de aditivos Perma-Zyme y Cloruro Cálcico en la estabilización de la base de la carretera no pavimentada (desvío Altiplano, Puno)*.



ANEXOS

Anexo A

Ensayos realizados a la cantera Challacollo



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO (ASTM D 421)

PROYECTO : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA : NO TRATADA (SIN ADITIVO)

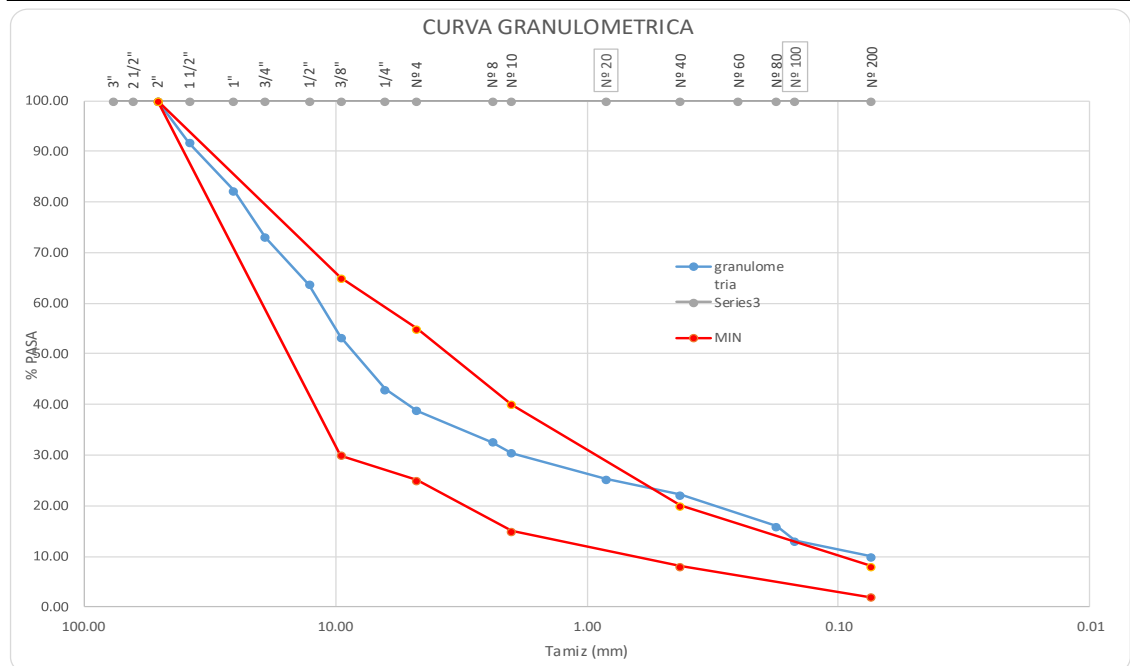
FECHA : 25/01/2019

DATOS DE LA MUESTRA

CANtera : CHALLACOLLO

PESO INICIAL SECO	3534	gr
PESO SECO LAVADO	3667	gr

TAMIZ	ABERTURA DE MALLAS (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200			0.00	100.00	DIAMETRO D60= 11.641 D30= 1.908 D10= 0.075
2 1/2"	63.500		0.00	0.00	100.00	
2"	50.800		0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	293.36	8.30	8.30	91.70	
1"	25.400	335.03	9.48	17.78	82.22	Cu= 155.21 Cc= 4.170
3/4"	19.050	325.45	9.21	26.99	73.01	
1/2"	12.700	330.03	9.34	36.33	63.67	% Grava: 61.24 % Arena: 28.79 % Finos: 9.97
3/8"	9.525	366.70	10.38	46.71	53.29	
1/4"	6.350	365.70	10.35	57.06	42.94	
Nº 4	4.760	147.68	4.18	61.24	38.76	L.L.= NP L.P.= NP I.P.= NP
Nº 8	2.380	220.02	6.23	67.47	32.53	
Nº 10	2.000	73.34	2.08	69.55	30.45	
Nº 20	0.840	183.35	5.19	74.74	25.26	CLASIFICACIÓN S.U.C.S GPGM Grava Mal Graduado con Limo con Arena GPGM
Nº 40	0.426	110.01	3.11	77.85	22.15	
Nº 60	0.250	0.00	0.00	77.85	22.15	
Nº 80	0.177	220.00	6.23	84.08	15.92	
Nº 100	0.149	100.22	2.84	86.92	13.08	CLASIFICACIÓN AASTHO A-1-a
Nº 200	0.074	110.01	3.11	90.03	9.97	
BASE		353.10	9.99	100.0	0.00	Piedras, Gravas y Arena





SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASTHO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA : NO TRATADA (SIN ADITIVO)

FECHA : 25/01/2019

DATOS DE LA MUESTRA
CANTERA : CHIPANA

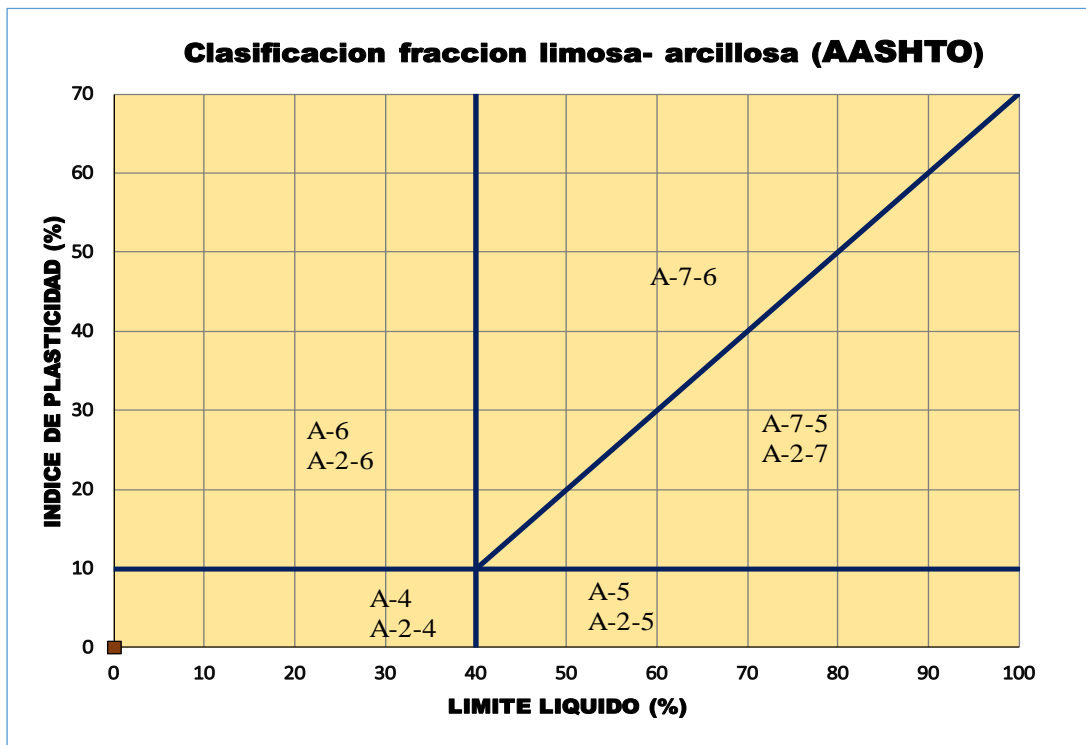
% Que pasa la malla Nº 4	38.76	%
% Que pasa la malla Nº 10	30.45	%
% Que pasa la malla Nº 40	22.15	%
% Que pasa la malla Nº 200	9.97	%
% Grava	61.24	%

L. L.	=	N.P.	%
I. P.	=	N.P.	%

$$I.G = (F_{200} - 35) * [0.2 + 0.005 * (LL - 40)] + 0.01(F_{200} - 15)(I.P. - 10)$$

Valor de indice de Grupo: I.G.	=	0.5
---------------------------------------	----------	------------

Por lo tanto suelo pertenece a:	A-1-a
--	--------------



MATERIALES GRANULARES
Material Granular
A-1-a Piedras, Gravas y Arena



SISTEMA DE CLASIFICACIÓN S.U.C.S.

PROYECTO : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA : NO TRATADA (SIN ADITIVO)

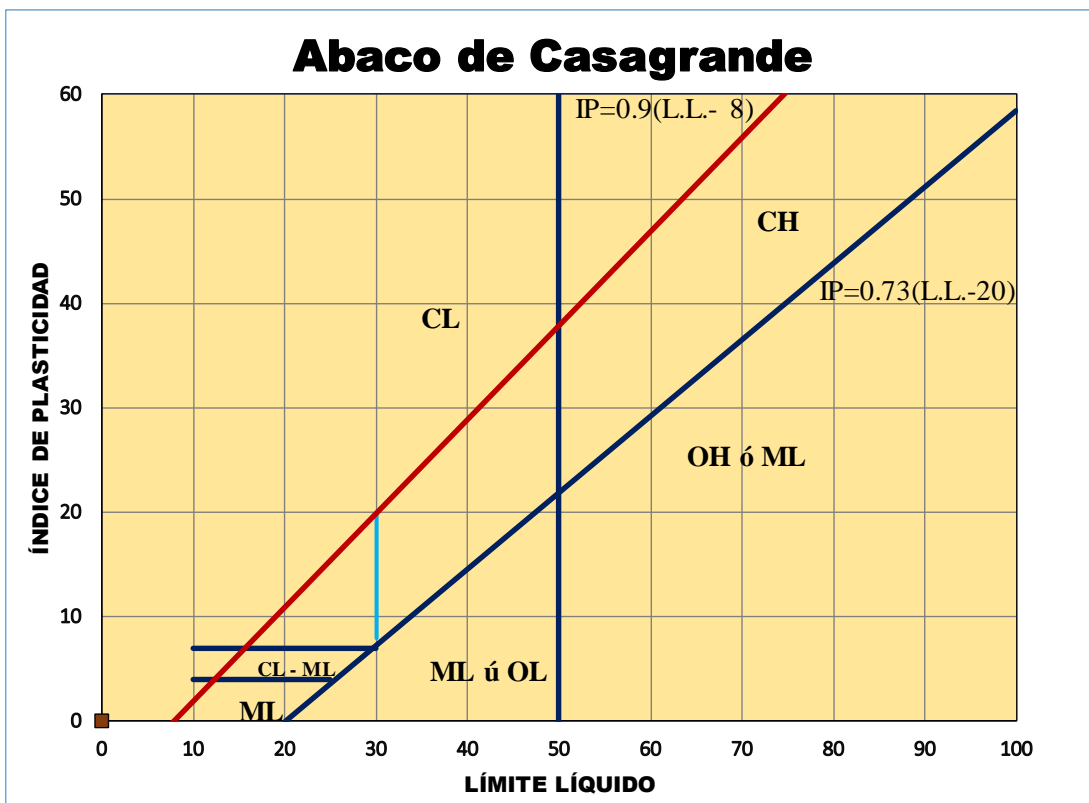
FECHA : 25/01/2019

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : CHIPANA

% Que pasa la malla N° 4	38.76 %
% Que pasa la malla N° 10	30.45 %
% Que pasa la malla N° 40	22.15 %
% Que pasa la malla N° 200	9.97 %
% Grava	61.24 %
% Arena	28.79 %
% Finos	9.97 %

L. L.	=	N.P.	%
I. P.	=	N.P.	%



Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)
Suelo de partículas gruesas. (Nomenclatura con símbolo doble).
Grava Mal Graduado con Limo con Arena GPGM



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



- PROYECTO** : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACION DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS
- SOLICITADO** : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA
- MUESTRA** : NO TRATADA (SIN ADITIVO)
- FECHA** : 29/01/2019
- CANTERA** : CHALLACOLLO

**CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D 2216)**

Nº Tarra		T-02	C-24	Q-04	
Peso de la Tara	gr.	75.85	84.48	114.85	
Peso de Tara + M. Humeda	gr.	382.28	412.34	398.76	
Peso de Tara + M. Seca	gr.	350.33	375.77	365.67	
Peso del Agua	gr.	31.95	36.57	33.09	
Peso de Muestra Seca	gr.	274.48	291.29	250.82	
Contenido de humedad w %		11.6%	12.6%	13.2%	
Promedio cont. Humedad W %		12.5%			

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.



Anexo B

Ensayos realizados a la cantera Chipana (muestra no tratada)



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 : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACION DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA : NO TRATADA (SIN ADITIVO)

FECHA : 24/01/2019

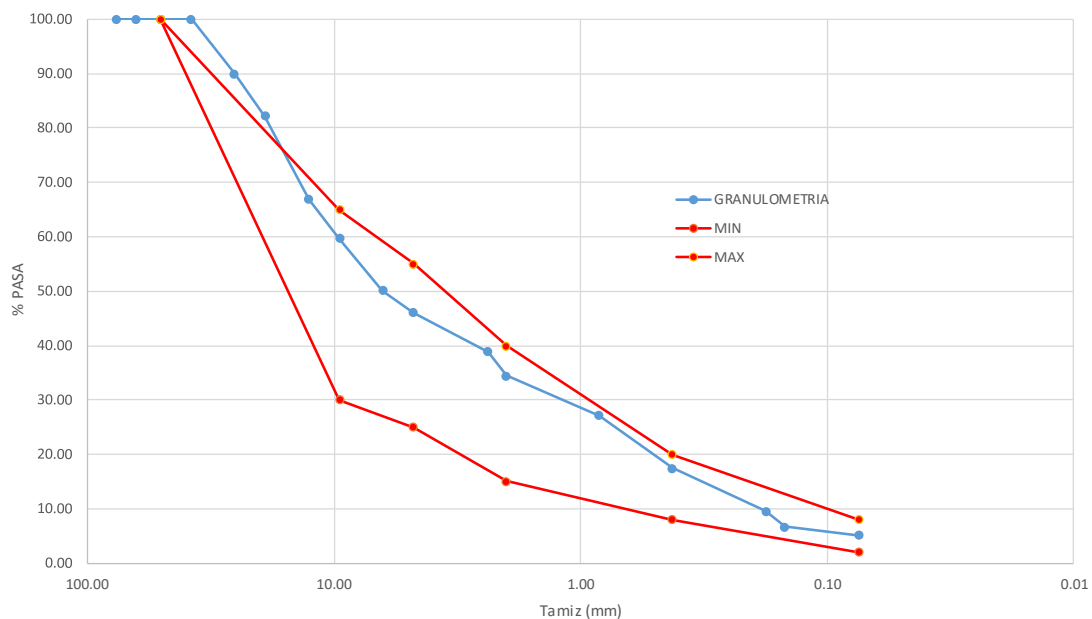
DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : CHIPANA

PESO INICIAL SECO	2027.42	gr
PESO SECO LAVADO	1925.17	gr

TAMIZ	ABERTURA DE MALLAS (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200			0.00	100.00	DIAMETRO D60= 9.688 D30= 1.329 D10= 0.183
2 1/2"	63.500		0.00	0.00	100.00	
2"	50.800		0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100		0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	202.22	9.97	9.97	90.03	Cu= 52.94 Cc= 0.996
3/4"	19.050	157.56	7.77	17.74	82.26	
1/2"	12.700	312.25	15.40	33.14	66.86	% Grava: 53.93 % Arena: 40.92 % Finos: 5.15
3/8"	9.525	146.25	7.21	40.35	59.65	
1/4"	6.350	193.32	9.54	49.89	50.11	
Nº 4	4.760	81.92	4.04	53.93	46.07	L.L.= 25.20 L.P.= 16.75 I.P.= 8.45
Nº 8	2.380	145.34	7.17	61.10	38.90	
Nº 10	2.000	89.64	4.42	65.52	34.48	CLASIFICACION S.U.C.S GPGC Grava Mal Graduado con Arcilla con Arena C
Nº 20	0.840	149.37	7.37	72.89	27.11	
Nº 40	0.426	195.67	9.65	82.54	17.46	
Nº 60	0.250	0.00	0.00	82.54	17.46	
Nº 80	0.177	161.52	7.97	90.51	9.49	CLASIFICACION AASTHO A-2-4 Gravas y Arenas limosas o Arcillosas
Nº 100	0.149	58.23	2.87	93.38	6.62	
Nº 200	0.074	29.88	1.47	94.85	5.15	
BASE		104.25	5.14	100.0	0.00	

CURVA GRANULOMETRICA





SISTEMA DE CLASIFICACION AASTHO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACION DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA : NO TRATADA (SIN ADITIVO)

FECHA : 25/01/2019

DATOS DE LA MUESTRA
CANTERA : CHIPANA

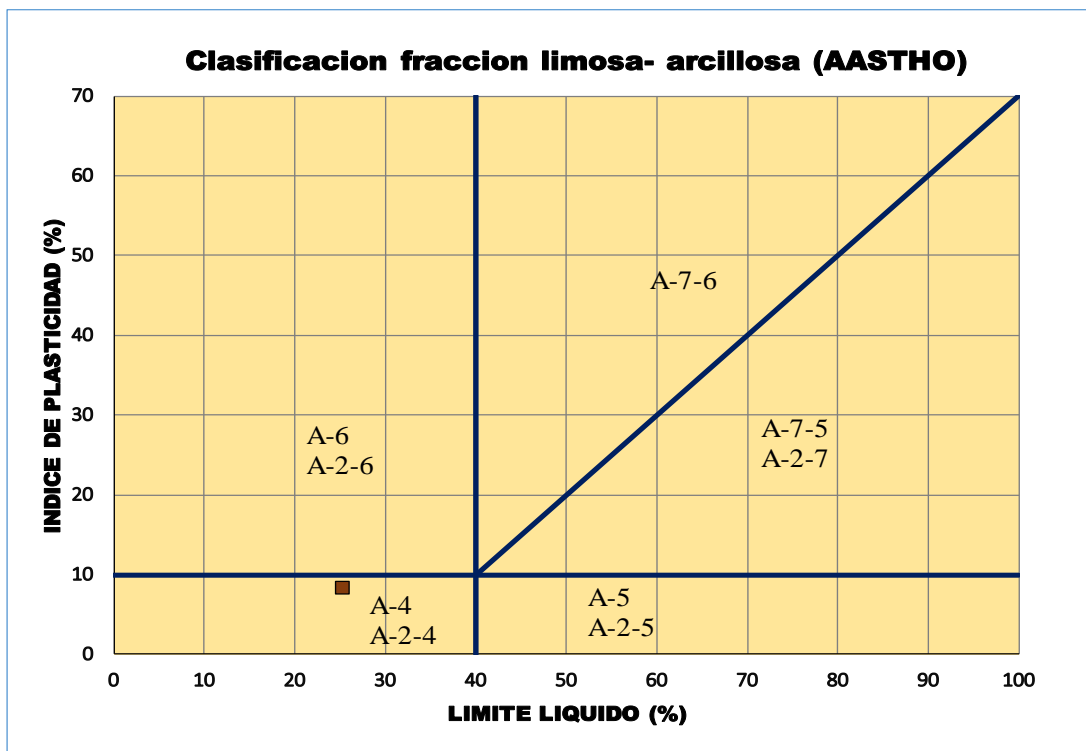
% Que pasa la malla N° 4 46.07 %
% Que pasa la malla N° 10 34.48 %
% Que pasa la malla N° 40 17.46 %
% Que pasa la malla N° 200 5.15 %
% Grava 53.93 %

L. L.	=	25.20	%
I. P.	=	8.45	%

$$I. G = (F_{200} - 35) * [0.2 + 0.005 * (LL - 40)] + 0.01(F_{200} - 15)(I.P. - 10)$$

Valor de indice de Grupo: I.G.	=	0
---------------------------------------	----------	----------

Por lo tanto suelo pertenece a:	A-2-4
--	--------------



MATERIALES GRANULARES
Material Granular
A-2-4 Gravas 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 S.U.C.S.

PROYECTO : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACION DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

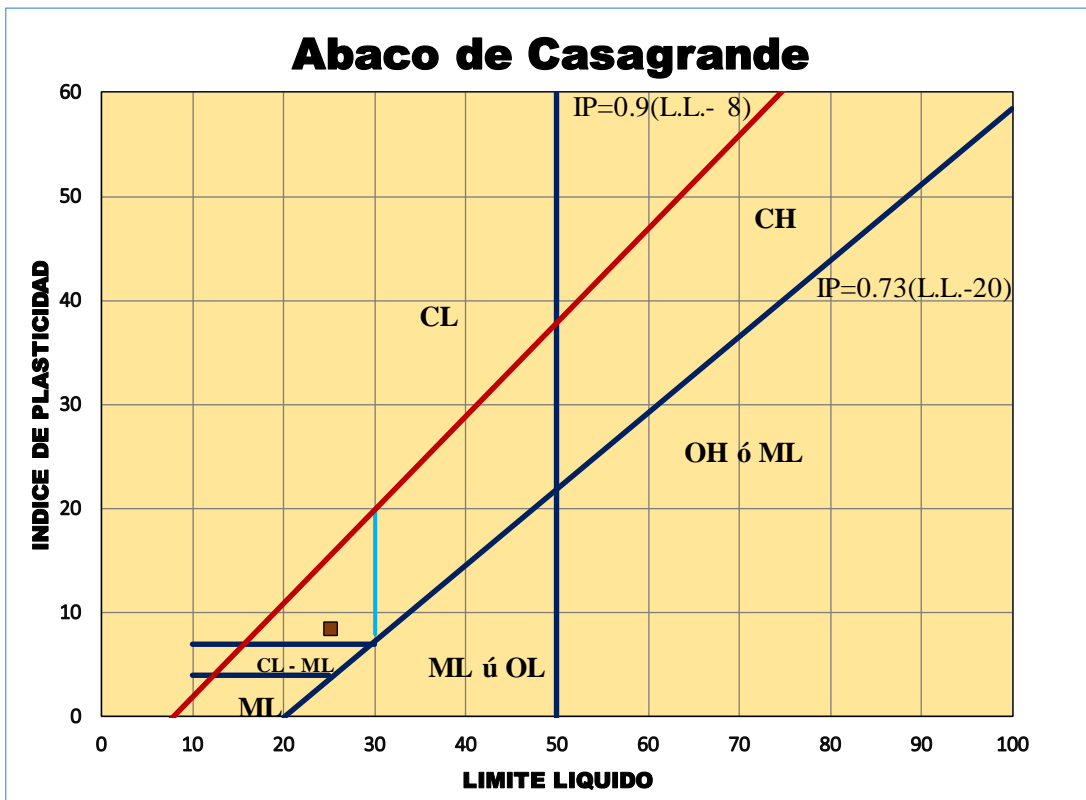
MUESTRA : NO TRATADA (SIN ADITIVO)

FECHA : 25/01/2019

DATOS DE LA MUESTRA
CANTERA : CHIPANA

% Que pasa la malla N° 4	46.07 %
% Que pasa la malla N° 10	34.48 %
% Que pasa la malla N° 40	17.46 %
% Que pasa la malla N° 200	5.15 %
% Grava	53.93 %
% Arena	40.92 %
% Finos	5.15 %

L. L.	=	25.20	%
I. P.	=	8.45	%



Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)
Suelo de partículas gruesas. (Nomenclatura con símbolo doble).
Grava Mal Graduado con Arcilla con Arena GPGC



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



- PROYECTO** : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACION DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS
- SOLICITADO** : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA
- MUESTRA** : NO TRATADA (SIN ADITIVO)
- FECHA** : 28/01/2019
- CANTERA** : CHIPANA

**CONTENIDO DE HUMEDAD
(ASTM D 2216)**

Nº Tarra		C-20	C-21	C-22	
Peso de la Tara	gr.	52.37	50.78	52.64	
Peso de Tara + M. Humeda	gr.	351.2	380.32	366.18	
Peso de Tara + M. Seca	gr.	312.33	330.55	319.99	
Peso del Agua	gr.	38.87	49.77	46.19	
Peso de Muestra Seca	gr.	259.96	279.77	267.35	
Contenido de humedad w %		15.0%	17.8%	17.3%	
Promedio cont. Humedad W %		16.7%			

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.



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



- PROYECTO** : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACION DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS
- SOLICITADO** : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA
- MUESTRA** : SIN ADITIVO
- FECHA** : 04/02/2019
- CANTERA** : CHIPANA

**CONTENIDO DE HUMEDAD ALTERADA
(ASTM D 2216)**

Nº Tarra		S-57	S-29	S-32	S-45
Peso de la Tara	gr.	17.83	19.51	20.07	22.1
Peso de Tara + M. Humeda	gr.	120.31	90.31	131.22	105.59
Peso de Tara + M. Seca	gr.	118.12	89.2	128.93	103.92
Peso del Agua	gr.	2.19	1.11	2.29	1.67
Peso de Muestra Seca	gr.	100.29	69.69	108.86	81.82
Contenido de humedad w %		2.2%	1.6%	2.1%	2.0%
Promedio cont. Humedad W %		2.0%			

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA : NO TRATADA (SIN ADITIVO)

FECHA : 28/01/2019

CANTERA : CHIPANA

LÍMITE LÍQUIDO

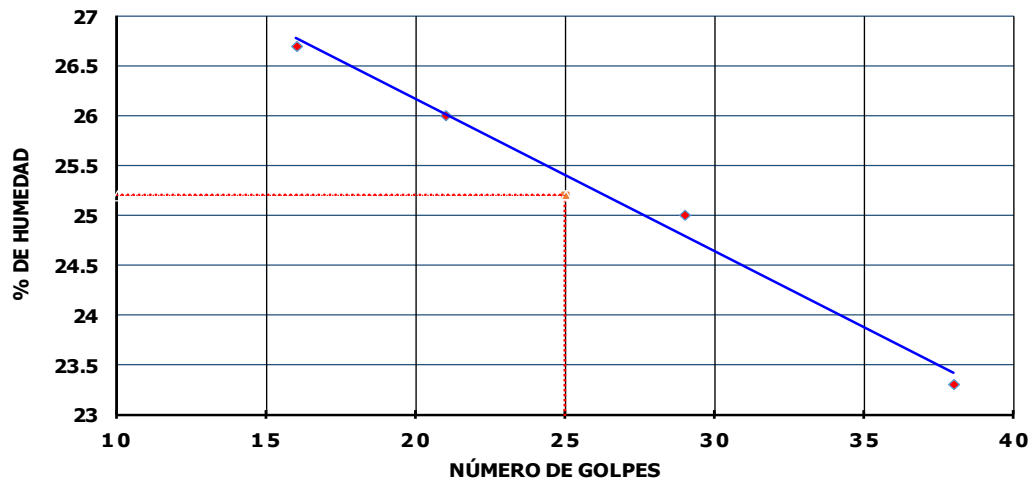
Nº Tara		M-14	M-12	M-01	M-04
Peso de la Tara	gr.	34.24	33.11	33.74	37.25
Tara + Suelo Humedo	gr.	63.58	59.33	61.48	65.41
Tara + Suelo Seco	gr.	57.39	53.92	55.94	60.09
Peso del Agua	gr.	6.19	5.41	5.54	5.32
Suelo Seco	gr.	23.15	20.81	22.2	22.84
% de Humedad		26.70	26.00	25.00	23.30
Nro De Golpes		16	21	29	38

LÍMITE PLÁSTICO

Nº Tara		S-11	S-51	S-32	
Peso de la Tara	gr.	18.07	16.05	20.07	
Tara + Suelo Humedo	gr.	25.6	23.57	27.39	
Tara + Suelo Seco	gr.	24.55	22.49	26.34	
Peso del Agua	gr.	1.05	1.08	1.05	
Suelo Seco	gr.	6.48	6.44	6.27	
% de Humedad		16.2	16.8	16.7	

LÍMITE LÍQUIDO L.L. = 25.2 %
LÍMITE PLÁSTICO L.P. = 16.75 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD I.P. = 8.45 %

GRAFICO DE LÍMITE LÍQUIDO





PROYECTO : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA : NO TRATADA (SIN ADITIVO)

FECHA : 12/02/2018

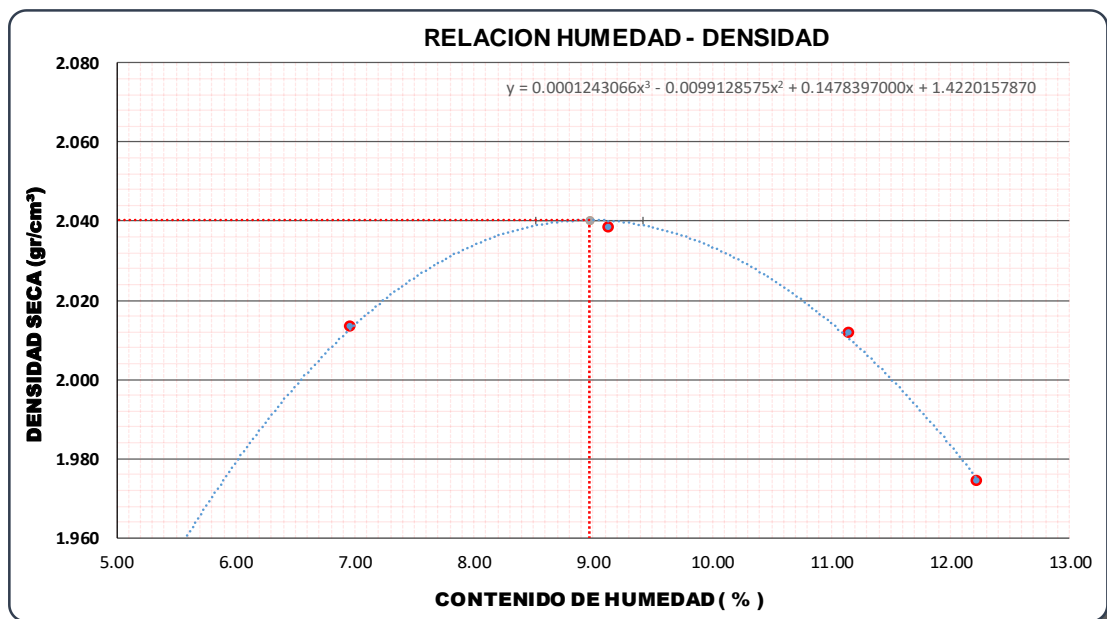
CANTERA : CHIPANA

COMPACTACIÓN (ASTM D- 1557)

M-01	M-02	M-03	M-04	M-05
------	------	------	------	------

Peso suelo + molde	gr	10336	10570	10720	10745	10702
Peso molde	gr	6013	6013	6013	6013	6013
Peso suelo húmedo compactado	gr	4323	4557	4707	4732	4689
Volumen del molde	cm ³	2116.01	2116.01	2116.01	2116.01	2116.01
Peso volumétrico húmedo	gr	2.043	2.154	2.224	2.236	2.216
Recipiente N°		C-24	Q-4	C-20	T-2	C-22
Peso del suelo húmedo+tara	gr	416.63	390.35	436.13	458.16	385.97
Peso del suelo seco + tara	gr	400.02	372.07	408.39	423.26	349.69
Peso Tara	gr	82.34	109.24	104.17	109.93	52.64
Peso de agua	gr	16.61	18.28	27.74	34.90	36.28
Peso del suelo seco	gr	317.68	262.83	304.22	313.33	297.05
Contenido de agua	%	5.23	6.96	9.12	11.14	12.21
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.941	2.014	2.039	2.012	1.975

<i>Densidad seca máxima (gr/cm³)</i>	2.0403
<i>Contenido de humedad Óptimo (%)</i>	8.9706





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



ENSAYO DE C.B.R.

PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO: Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA: NO TRATADA (SIN ADITIVO)

FECHA: 1/03/2019

CANTERA: CHIPANA

NORMA ASTM D - 1883

	1	2	3
Molde Nº	1	2	3
Nº Capa	5	5	5
Diametro del Molde	15.241	15.242	15.240
Altura del Molde	12.642	12.620	12.600
Golpes por capa Nº	12	25	56

Cond. de la muestra		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO	
Peso molde + suelo húmedo	(gr)	11264	11365	11762	11810	12748	12807						
Peso de molde	(gr)	6703	6703	6910	6910	7710	7710						
Peso del suelo húmedo	(gr)	4561	4662	4852	4900	5038	5097						
Volumen del molde	(cm ³)	2306	2306	2303	2303	2298	2298						
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	1.978	2.021	2.107	2.128	2.192	2.218						

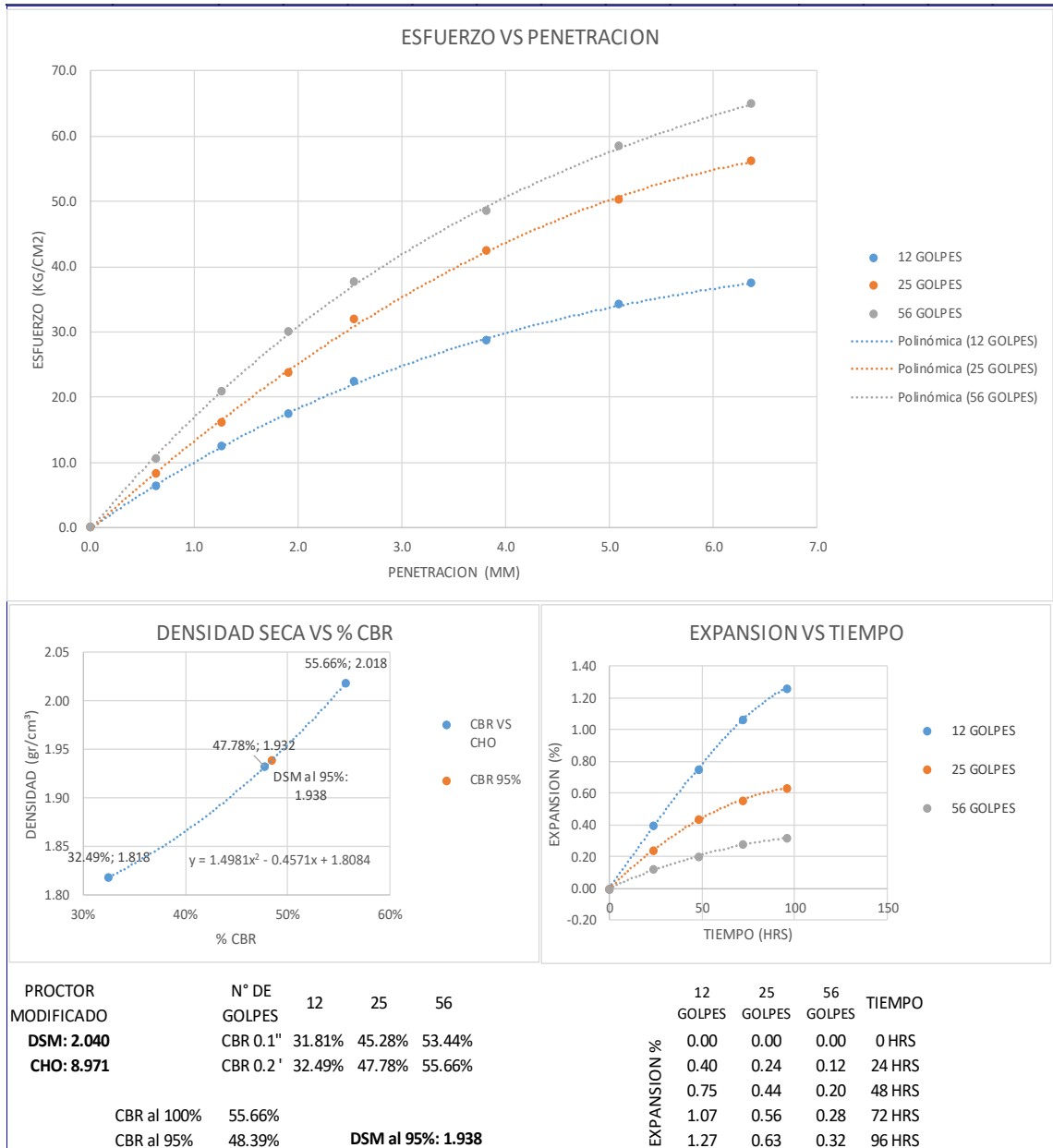
Tarro Nº		G-02	T-32	K-20	M-04	T-02	T-04
Tarro + Suelo húmedo	(gr)	321.68	218.06	634.68	238.57	449.37	256.48
Tarro + Suelo seco	(gr)	300.80	199.74	588.26	220.07	419.78	235.98
Peso del tarro	(gr)	63.69	35.49	76.76	37.26	75.93	29.58
Peso del Agua	(gr)	20.88	18.32	46.42	18.50	29.59	20.50
Peso del suelo seco	(gr)	237.11	164.25	511.50	182.81	343.85	206.40
Humedad	(%)	8.81	11.15	9.08	10.12	8.61	9.93
Densidad seca	(gr/cm ³)	1.818	1.818	1.932	1.932	2.018	2.018

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL			EXPANSION			DIAL			EXPANSION		
						mm	%				mm	%		
25/02/2019	5:00 p. m.	0	2.250	0.000	0.00	6.880	0.000	0.00	19.730	0.000	0.00			
26/02/2019	5:00 p. m.	24	2.300	0.050	0.40	6.910	0.030	0.24	19.745	0.015	0.12			
27/02/2019	5:00 p. m.	48	2.345	0.095	0.75	6.935	0.055	0.44	19.755	0.025	0.20			
28/02/2019	5:00 p. m.	72	2.385	0.135	1.07	6.950	0.070	0.56	19.765	0.035	0.28			
1/03/2019	5:00 p. m.	96	2.410	0.160	1.27	6.960	0.080	0.63	19.770	0.040	0.32			

PENETRACIÓN

PENETRACION (MM)	TIEMPO (MM:SS)	CARGA STAND.	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3			
			CARGA		CORREC	CARGA		CORREC	CARGA		CORREC	CARGA		CORREC
			kg/cm ²	kgf		kgf/cm ²	%		kgf/cm ²	%		kgf/cm ²	%	
0.000	00:00		0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		0.00	0.0	0.0		
0.640	00:30		1.21	123.4	6.4	1.58	161.1	8.3		2.02	206.0	10.6		
1.270	01:00		2.38	242.7	12.5	3.06	312.0	16.1		3.97	404.8	20.9		
1.910	01:30		3.31	337.5	17.4	4.51	459.9	23.8		5.69	580.2	30.0		
2.540	02:00	70.41	4.25	433.4	22.4	6.05	616.9	31.9		7.14	728.1	37.6		
3.820	03:00		5.45	555.7	28.7	8.04	819.8	42.4		9.21	939.1	48.5		
5.090	04:00	105.1	6.48	660.8	34.1	9.53	971.8	50.2		11.10	1131.9	58.5		
6.360	05:00		7.11	725.0	37.5	10.67	1088.0	56.2		12.31	1255.3	64.9		
7.630	06:00													
8.900	07:00													
10.060	08:00													
11.430	09:00													
12.700	10:00													





Anexo C

Ensayos realizados a la cantera Chipana

Muestras tratadas con cloruro de calcio al 0.5%, 1.0%, 1.5% del peso seco de
suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA : TRATADA CON CLORURO DE CALCIO AL 0.5 %

FECHA : 6/03/2019

LÍMITE LÍQUIDO

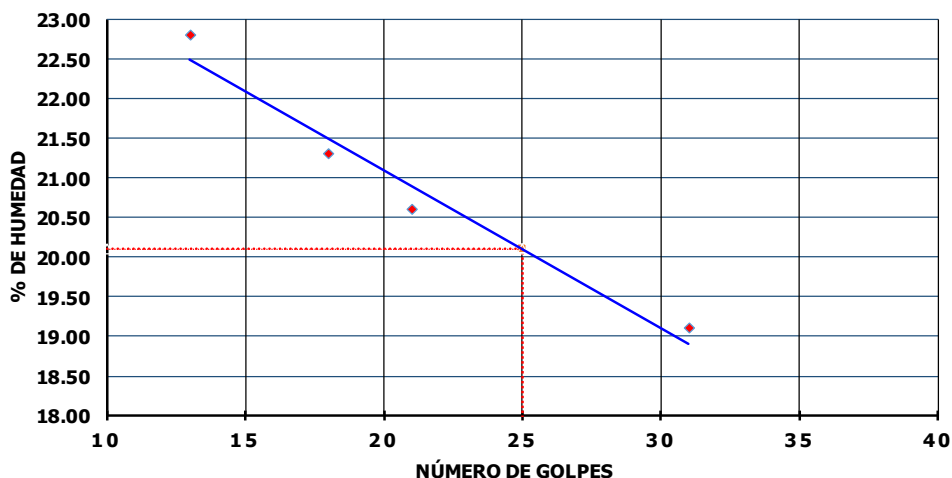
Nº Tara		M-29	M-26	M-72	M-28
Peso de la Tara	gr.	17.38	17.44	10.58	17.51
Tara + Suelo Humedo	gr.	42.81	42.22	38.55	43.47
Tara + Suelo Seco	gr.	38.09	37.87	33.77	39.31
Peso del Agua	gr.	4.72	4.35	4.78	4.16
Suelo Seco	gr.	20.71	20.43	23.19	21.8
% de Humedad		22.80	21.30	20.60	19.10
Nro De Golpes		13	18	21	31

LÍMITE PLÁSTICO

Nº Tara		M-22	S-11	M-33	T-04
Peso de la Tara	gr.	16.51	12.49	17.25	
Tara + Suelo Humedo	gr.	23.93	16.89	21.82	
Tara + Suelo Seco	gr.	23	16.39	21.25	
Peso del Agua	gr.	0.93	0.5	0.57	
Suelo Seco	gr.	6.49	3.9	4	
% de Humedad		14.3	12.8	14.3	

LÍMITE LÍQUIDO L.L. = **19.95 %**
LÍMITE PLÁSTICO L.P = **13.80 %**
ÍNDICE DE PLASTICIDAD I.P. = **6.15 %**

GRAFICO DE LÍMITE LÍQUIDO





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA : TRATADA CON CLORURO DE CALCIO AL 1.0 %

FECHA : 6/03/2019

LÍMITE LÍQUIDO

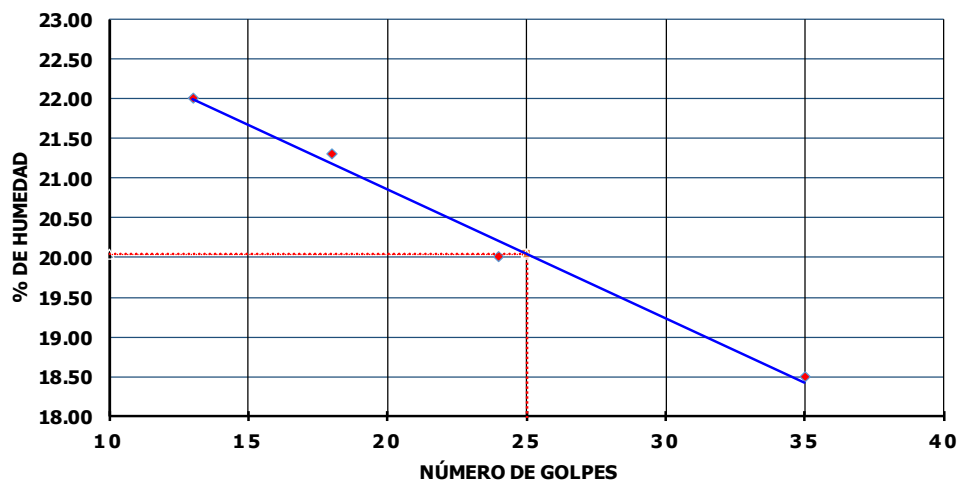
Nº Tara		S-28	M-04	M-03	M-05
Peso de la Tara	gr.	19.48	37.25	37.6	30.94
Tara + Suelo Humedo	gr.	46.09	66.83	67.54	59.18
Tara + Suelo Seco	gr.	41.29	61.63	62.55	54.77
Peso del Agua	gr.	4.8	5.2	4.99	4.41
Suelo Seco	gr.	21.81	24.38	24.95	23.83
% de Humedad		22.00	21.30	20.00	18.50
Nro De Golpes		13	18	24	35

LÍMITE PLÁSTICO

Nº Tara		S-71	B-03	S-22-01	T-04
Peso de la Tara	gr.	13.71	13.04	10.34	
Tara + Suelo Humedo	gr.	20.13	18.41	16.75	
Tara + Suelo Seco	gr.	19.38	17.77	15.99	
Peso del Agua	gr.	0.75	0.64	0.76	
Suelo Seco	gr.	5.67	4.73	5.65	
% de Humedad		13.2	13.5	13.5	

LÍMITE LÍQUIDO L.L. = **19.83 %**
LÍMITE PLÁSTICO L.P. = **13.40 %**
ÍNDICE DE PLASTICIDAD I.P. = **6.43 %**

GRAFICO DE LÍMITE LÍQUIDO





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA

Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA : TRATADA CON CLORURO DE CALCIO AL 1.5 %

FECHA : 6/03/2019

LÍMITE LÍQUIDO

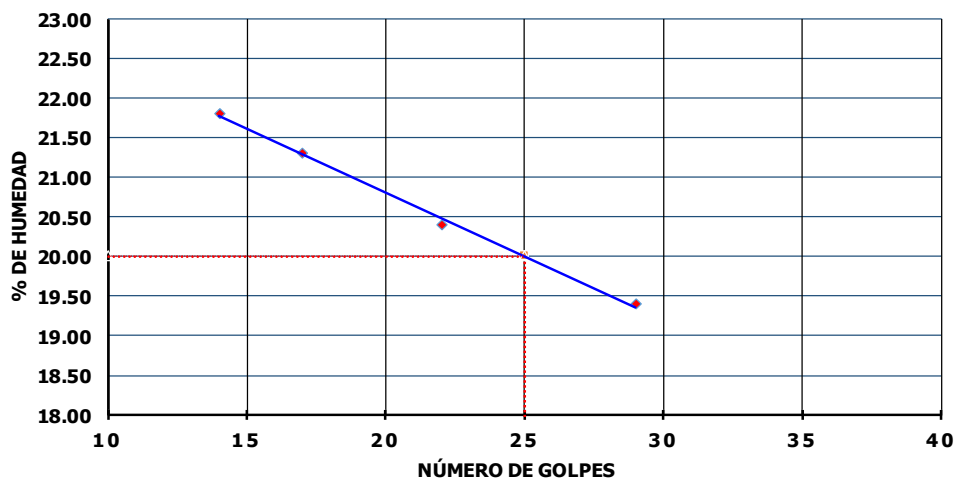
Nº Tara		T-32	M-14	T-04	M-08
Peso de la Tara	gr.	35.47	34.28	29.58	36.58
Tara + Suelo Humedo	gr.	65.25	66.4	54.04	65.4
Tara + Suelo Seco	gr.	59.91	60.75	49.9	60.71
Peso del Agua	gr.	5.34	5.65	4.14	4.69
Suelo Seco	gr.	24.44	26.47	20.32	24.13
% de Humedad		21.80	21.30	20.40	19.40
Nro De Golpes		14	17	22	29

LÍMITE PLÁSTICO

Nº Tara		S-19	S-61	ES-02	
Peso de la Tara	gr.	17.16	22.19	21.63	
Tara + Suelo Humedo	gr.	23.86	29.7	31.12	
Tara + Suelo Seco	gr.	23.08	28.82	30.02	
Peso del Agua	gr.	0.78	0.88	1.1	
Suelo Seco	gr.	5.92	6.63	8.39	
% de Humedad		13.2	13.3	13.1	

LÍMITE LÍQUIDO L.L. = 19.94 %
LÍMITE PLÁSTICO L.P = 13.20 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD I.P. = 6.74 %

GRAFICO DE LÍMITE LÍQUIDO





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

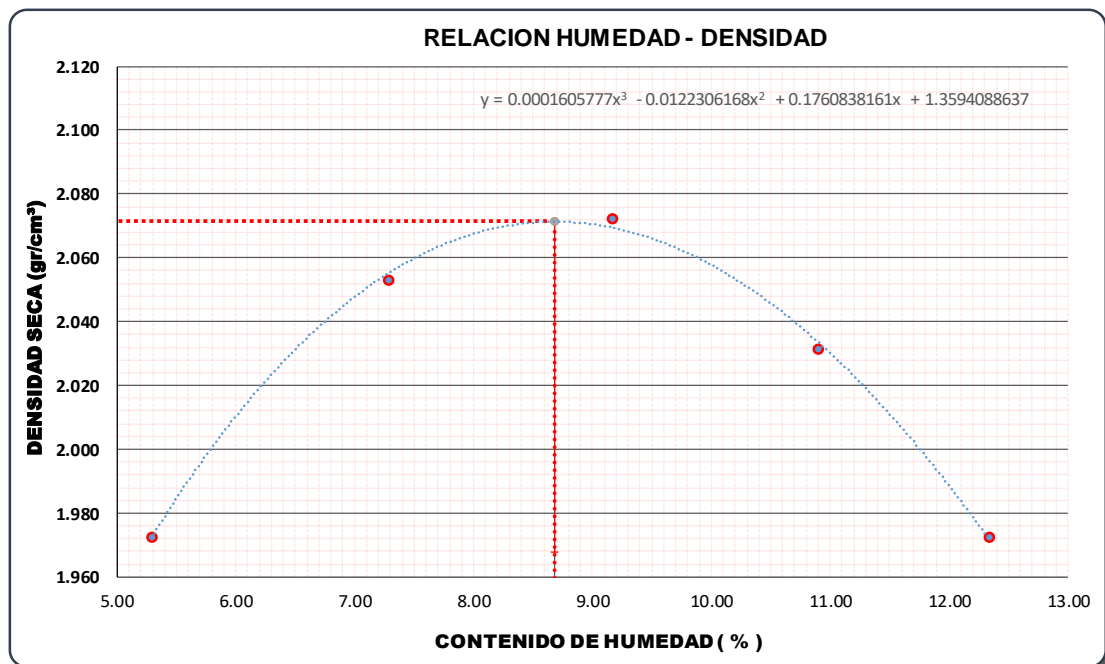
MUESTRA : TRATADA CON CLORURO DE CALCIO AL 0.5 %

FECHA : 19/02/2019

CANTERA : CHIPANA

COMPACTACIÓN (ASTM D- 1557)

		M-01	M-02	M-03	M-04	
						10
Peso suelo + molde	gr	10408	10674	10800	10780	10702
Peso molde	gr	6013	6013	6013	6013	6013
Peso suelo húmedo compactado	gr	4395	4661	4787	4767	4689
Volumen del molde	cm ³	2116.01	2116.01	2116.01	2116.01	2116.01
Peso volumétrico húmedo	gr	2.077	2.203	2.262	2.253	2.216
Recipiente N°		C-22	C-21	K-02	I-04	C-20
Peso del suelo húmedo+tara	gr	525.91	529.80	691.40	469.58	379.97
Peso del suelo seco + tara	gr	502.14	497.31	642.65	430.93	349.69
Peso Tara	gr	52.68	50.86	110.54	76.05	104.17
Peso de agua	gr	23.77	32.49	48.75	38.65	30.28
Peso del suelo seco	gr	449.46	446.45	532.11	354.88	245.52
Contenido de agua	%	5.29	7.28	9.16	10.89	12.33
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.973	2.053	2.072	2.032	1.973
Densidad seca máxima (gr/cm³)						2.0713
Contenido de humedad Óptimo (%)						8.6834





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

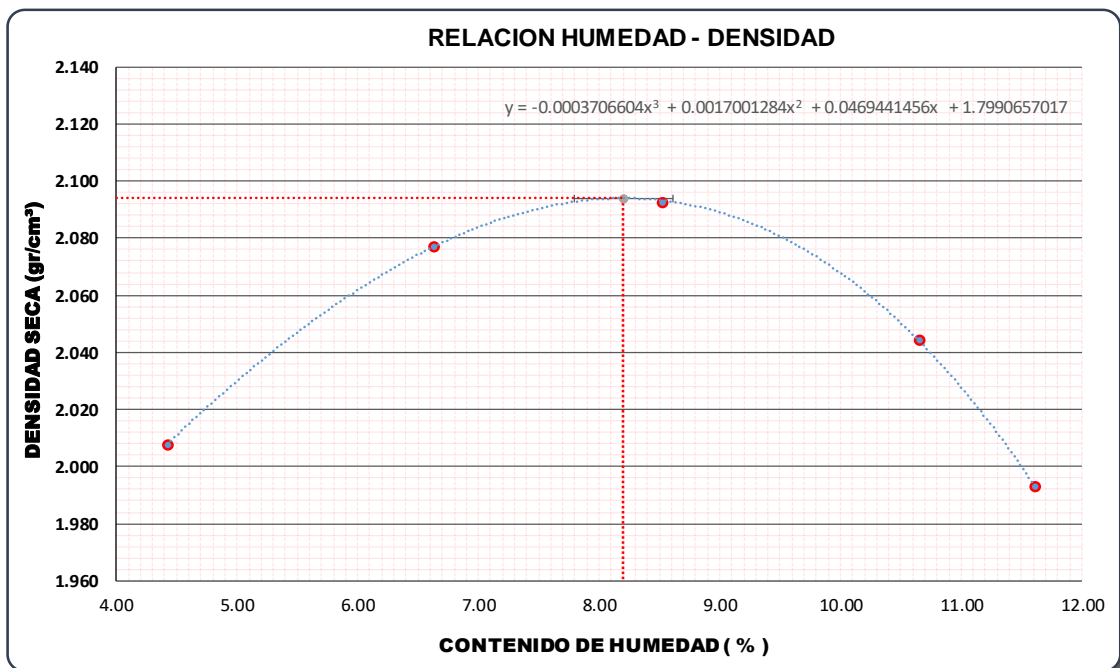
MUESTRA : TRATADA CON CLORURO DE CALCIO AL 1.0 %

FECHA : 20/02/2019

CANTERA : CHIPANA

COMPACTACIÓN (ASTM D- 1557)

		M-01	M-02	M-03	M-04	M-05	
Peso suelo + molde	gr	10449	10700	10819	10800	10720	
Peso molde	gr	6013	6013	6013	6013	6013	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4436	4687	4806	4787	4707	
Volumen del molde	cm ³	2116.01	2116.01	2116.01	2116.01	2116.01	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.096	2.215	2.271	2.262	2.224	
Recipiente N°		P-08	K-20	C-22	C-21	Q-4	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	535.29	526.63	573.26	697.69	400.35	
Peso del suelo seco + tara	gr	517.26	498.65	532.37	635.45	370.07	
Peso Tara	gr	109.24	76.75	52.71	50.84	109.24	
Peso de agua	gr	18.03	27.98	40.89	62.24	30.28	
Peso del suelo seco	gr	408.02	421.90	479.66	584.61	260.83	
Contenido de agua	%	4.42	6.63	8.52	10.65	11.61	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.008	2.077	2.093	2.045	1.993	
		<i>Densidad seca máxima (gr/cm³)</i>				2.0940	
		<i>Contenido de humedad Óptimo (%)</i>				8.2038	





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA : TRATADA CON CLORURO DE CALCIO AL 1.5 %

FECHA : 20/02/2019

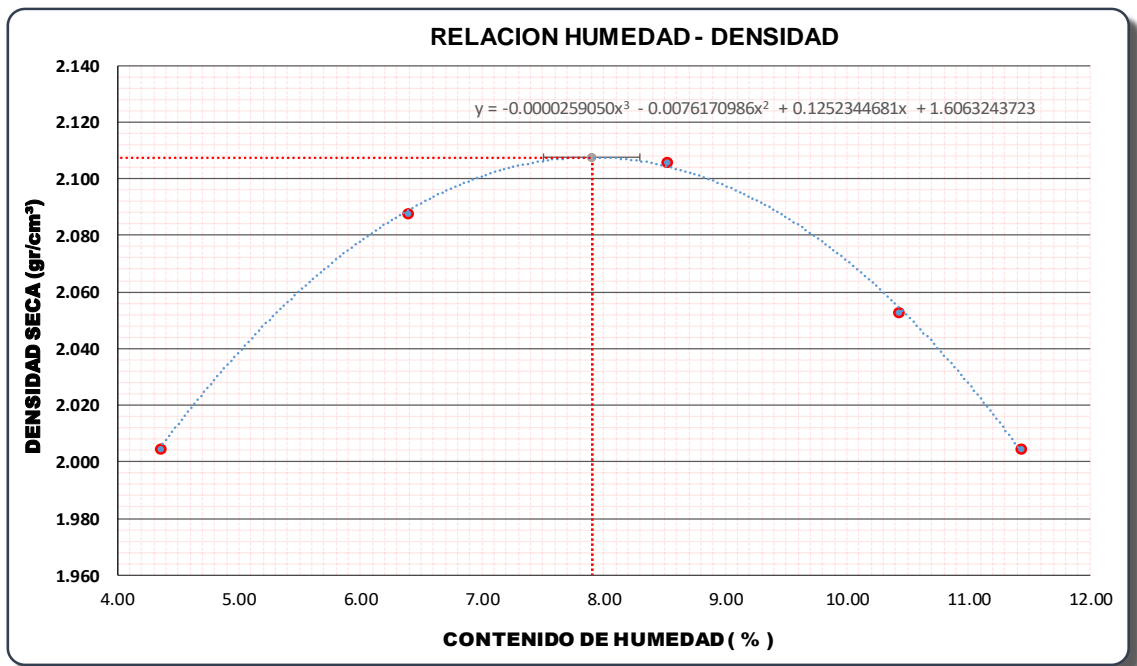
CANTERA : CHIPANA

COMPACTACIÓN (ASTM D - 1557)

M-01	M-02	M-03	M-04	M-05
------	------	------	------	------

Peso suelo + molde	gr	10440	10713	10849	10810	10740
Peso molde	gr	6013	6013	6013	6013	6013
Peso suelo húmedo compactado	gr	4427	4700	4836	4797	4727
Volumen del molde	cm ³	2116.01	2116.01	2116.01	2116.01	2116.01
Peso volumétrico húmedo	gr	2.092	2.221	2.285	2.267	2.234
Recipiente N°		K-20	K-02	M-02	J-04	P-08
Peso del suelo húmedo+tara	gr	562.44	689.36	565.29	556.64	548.29
Peso del suelo seco + tara	gr	542.20	654.61	527.59	511.28	503.26
Peso Tara	gr	76.75	110.54	85.11	76.21	109.24
Peso de agua	gr	20.24	34.75	37.70	45.36	45.03
Peso del suelo seco	gr	465.45	544.07	442.48	435.07	394.02
Contenido de agua	%	4.35	6.39	8.52	10.43	11.43
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.005	2.088	2.106	2.053	2.005

<i>Densidad seca máxima (gr/cm³)</i>	2.1075
<i>Contenido de humedad Óptimo (%)</i>	7.9021





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



ENSAYO DE C.B.R.

PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO: Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA: TRATADA CON CLORURO DE CALCIO AL 0.5 %

FECHA: 8/03/2019

CANTERA: CHIPANA

NORMA ASTM D - 1883

Molde Nº	1	2	3
Nº Capa	5	5	5
Diametro del Molde	15.244	15.244	15.252
Altura del Molde	12.646	12.646	12.668
Golpes por capa Nº	12	25	56

Cond. de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	(gr)	11521	11707	12721	12860	12972	13018
Peso de molde	(gr)	6900	6900	7937	7937	7776	7776
Peso del suelo húmedo	(gr)	4621	4807	4784	4923	5196	5242
Volumen del molde	(cm ³)	2308	2308	2308	2308	2314	2314
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.002	2.083	2.073	2.133	2.245	2.265

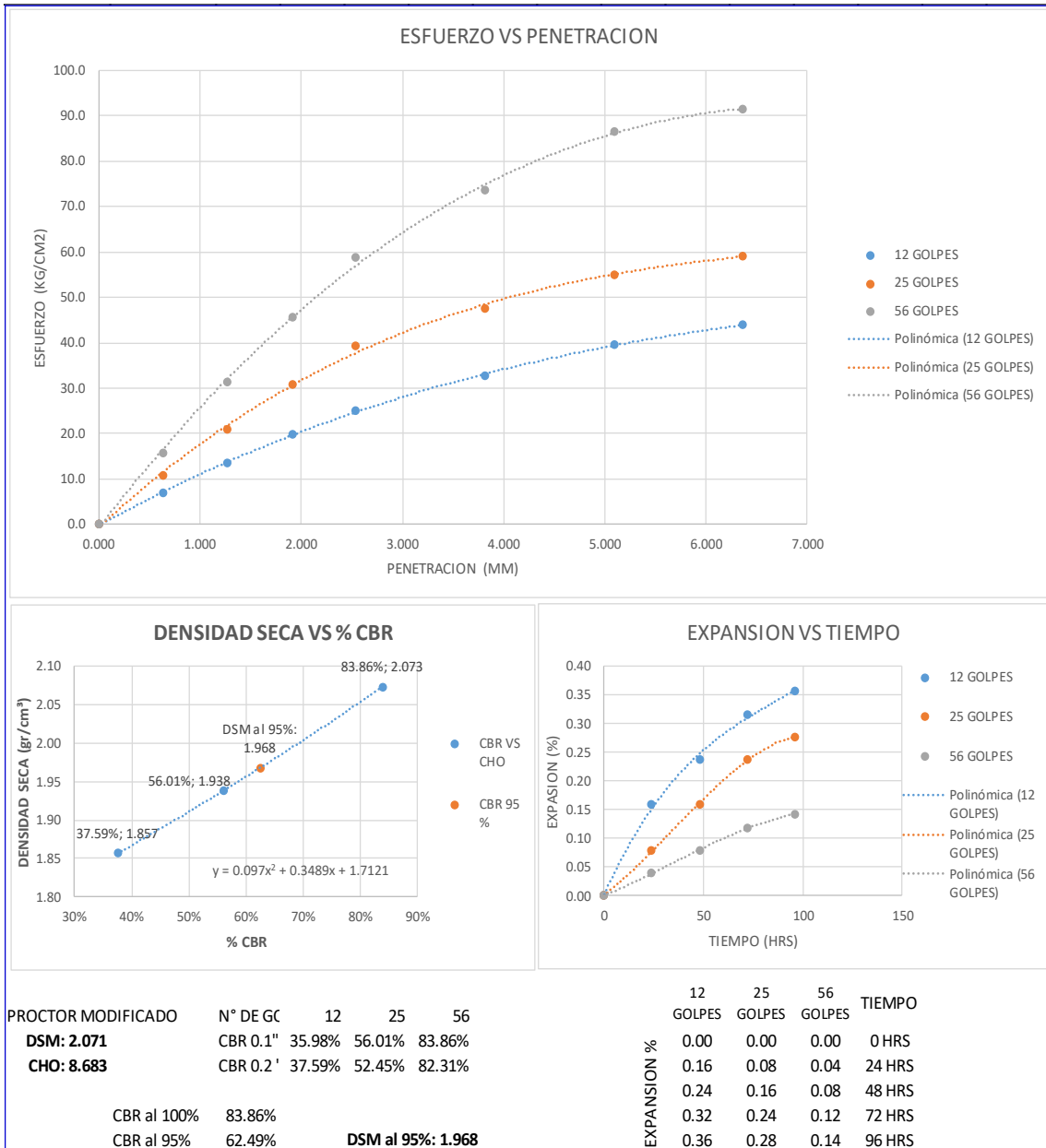
Tarro Nº		DJ-07	P-08	K-20	K-02	G-02	K-20
Tarro + Suelo húmedo	(gr)	410.25	618.43	457.95	629.58	740.03	557.67
Tarro + Suelo seco	(gr)	385.02	563.09	433.09	582.08	688.26	516.82
Peso del tarro	(gr)	61.16	109.26	76.81	110.55	63.69	76.81
Peso del Agua	(gr)	25.23	55.34	24.86	47.50	51.77	40.85
Peso del suelo seco	(gr)	323.86	453.83	356.28	471.53	624.57	440.01
Humedad	(%)	7.79	12.19	6.98	10.07	8.29	9.28
Densidad seca	(gr/cm ³)	1.857	1.857	1.938	1.938	2.073	2.073

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%				
4/03/2019	12:30 p. m.	0	17.870	0.000	0.00	21.240	0.000	0.00	23.980	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00
5/03/2019	12:30 p. m.	24	17.890	0.020	0.16	21.250	0.010	0.08	23.985	0.005	0.04	0.00	0.08	0.08
6/03/2019	12:30 p. m.	48	17.900	0.030	0.24	21.260	0.020	0.16	23.990	0.010	0.08	0.010	0.08	0.08
7/03/2019	12:30 p. m.	72	17.910	0.040	0.32	21.270	0.030	0.24	23.995	0.015	0.12	0.015	0.12	0.12
8/03/2019	12:30 p. m.	96	17.915	0.045	0.36	21.275	0.035	0.28	23.998	0.018	0.14	0.018	0.14	0.14

PENETRACIÓN

PENETRACION N (MM)	TIEMPO (MM:SS)	CARGA		MOLDE Nº			1			MOLDE Nº			2			MOLDE Nº			3		
		STAND. kg/cm ²	Dial (div)	CARGA		CORREC %	CARGA		CORREC %	CARGA		CORREC %	CARGA		CORREC %	CARGA		CORREC %			
				KG	KG/CM ²		Dial (div)	kg/cm ²		kg/cm ²	Dial (div)		kg/cm ²	kg/cm ²		Dial (div)	kg/cm ²		kg/cm ²		
0.000	00:00		0.00	0.0	0.0		0.00	0.0	0.0		0.00	0.0	0.0		0.00	0.0	0.0				
0.640	00:30		1.31	133.6	6.9		2.05	209.0	10.8		2.99	304.9	15.8		11.14	1135.9	58.7				
1.270	01:00		2.55	260.0	13.4		3.99	406.9	21.0		5.97	608.8	31.5		13.97	1424.5	73.6				
1.910	01:30		3.77	384.4	19.9		5.87	598.6	30.9		8.68	885.1	45.7		17.38	1772.2	91.6				
2.540	02:00	70	4.78	487.4	25.2		7.44	758.7	39.2		11.14	1135.9	58.7								
3.820	03:00		6.22	634.3	32.8		9.05	922.8	47.7		13.97	1424.5	73.6								
5.090	04:00	105	7.49	763.8	39.5		10.45	1065.6	55.1		16.40	1672.3	86.4								
6.360	05:00		8.33	849.4	43.9		11.21	1143.1	59.1		17.38	1772.2	91.6								
7.630	06:00																				
8.900	07:00																				
10.060	08:00																				
11.430	09:00																				
12.700	10:00																				





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



ENSAYO DE C.B.R.

PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO: Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA: TRATADA CON CLORURO DE CALCIO AL 1.0 %

FECHA: 8/03/2019

CANTERA: CHIPANA

NORMA ASTM D - 1883

	1	2	3
Molde Nº	1	2	3
Nº Capa	5	5	5
Diámetro del Molde	15.240	15.252	15.238
Altura del Molde	12.664	12.652	12.648
Golpes por capa Nº	12	25	56

Cond. de la muestra		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO	
Peso molde + suelo húmedo	(gr)	11574	11670	12068	12107	13050	13057		
Peso de molde	(gr)	6834	6834	7175	7175	7840	7840		
Peso del suelo húmedo	(gr)	4740	4836	4893	4932	5210	5217		
Volumen del molde	(cm ³)	2310	2310	2312	2312	2307	2307		
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.052	2.093	2.117	2.134	2.259	2.262		

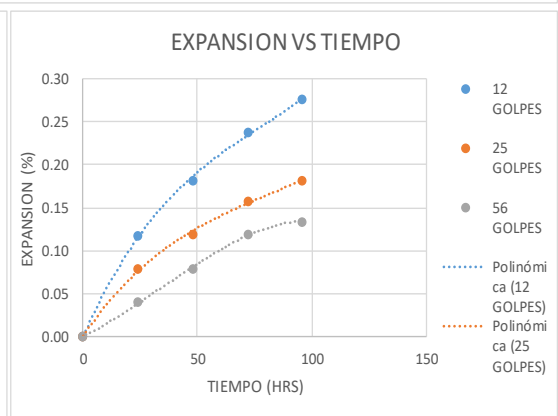
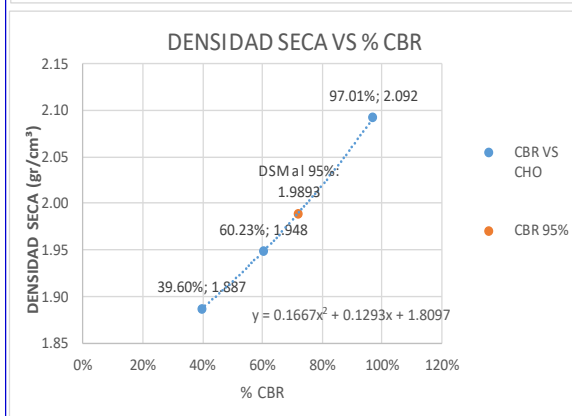
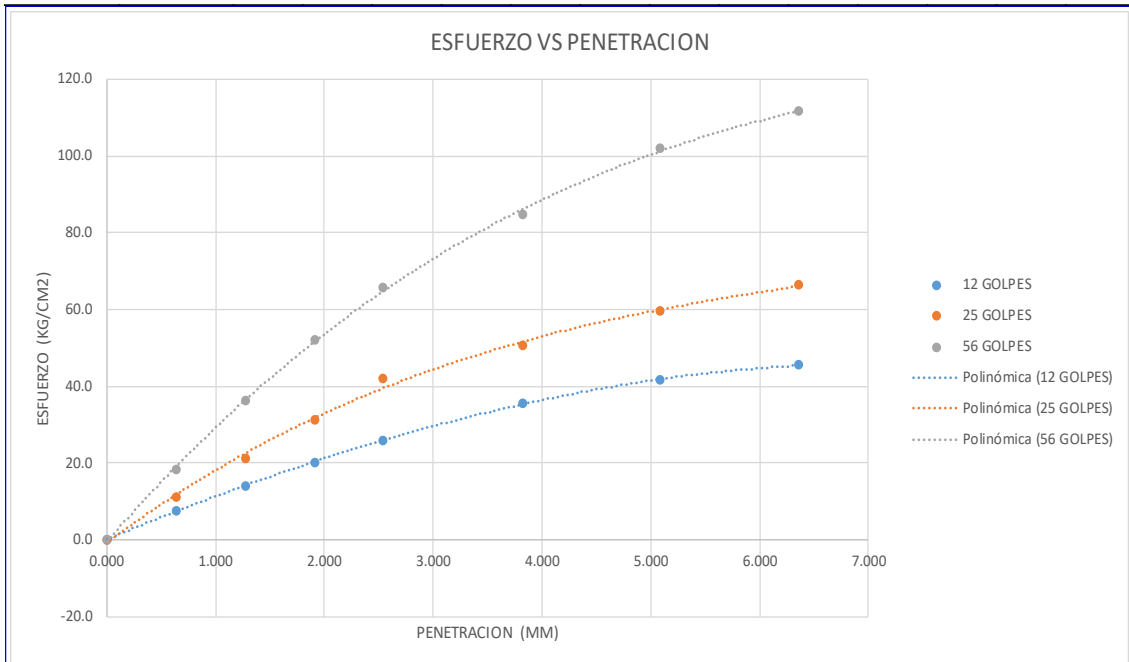
Tarro Nº		M-02	DJ-07	T-05	G-02	K-02	C-11
Tarro + Suelo húmedo	(gr)	525.57	524.35	514.68	605.56	493.81	757.44
Tarro + Suelo seco	(gr)	488.91	478.74	480.33	558.43	465.51	708.83
Peso del tarro	(gr)	68.86	61.18	84.06	63.70	110.54	109.33
Peso del Agua	(gr)	36.66	45.61	34.35	47.13	28.30	48.61
Peso del suelo seco	(gr)	420.05	417.56	396.27	494.73	354.97	599.50
Humedad	(%)	8.73	10.92	8.67	9.53	7.97	8.11
Densidad seca	(gr/cm ³)	1.887	1.887	1.948	1.948	2.092	2.092

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL		EXPANSIÓN		DIAL		EXPANSIÓN	
		Hr.			mm	%			mm	%
4/03/2019	2:00 p. m.	0	23.065		0.000	0.00	14.970		0.000	0.00
5/03/2019	2:00 p. m.	24	23.080		0.015	0.12	14.980		0.010	0.08
6/03/2019	2:00 p. m.	48	23.088		0.023	0.18	14.985		0.015	0.12
7/03/2019	2:00 p. m.	72	23.095		0.030	0.24	14.990		0.020	0.16
8/03/2019	2:00 p. m.	96	23.100		0.035	0.28	14.993		0.023	0.18

PENETRACIÓN

PENETRACION N (MM)	TIEMPO (MM.SS)	CARGA		MOLDE Nº			1			2			3		
		STAND.	CARGA	CORREC	CARGA		CORREC	CARGA		CORREC	CARGA		CORREC		
					kg/cm ²	Dial (div)		kg/cm ²	kg/cm ²		kg/cm ²	kg/cm ²		kg/cm ²	kg/cm ²
0.000	00:00		0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0		0.00	0.0	0.0			
0.640	00:30		1.45	147.9	7.6	2.10	214.1	11.1		3.45	351.8	18.2			
1.270	01:00		2.67	272.3	14.1	4.05	413.0	21.3		6.86	699.5	36.2			
1.910	01:30		3.83	390.5	20.2	5.91	602.6	31.1		9.89	1008.5	52.1			
2.540	02:00	70	4.89	498.6	25.8	8.00	815.8	42.2		12.45	1269.5	65.6			
3.820	03:00		6.76	689.3	35.6	9.63	982.0	50.7		16.10	1641.7	84.8			
5.090	04:00	105	7.89	804.5	41.6	11.30	1152.3	59.5		19.33	1971.1	101.9			
6.360	05:00		8.62	879.0	45.4	12.58	1282.8	66.3		21.17	2158.7	111.6			
7.630	06:00														
8.900	07:00														
10.060	08:00														
11.430	09:00														
12.700	10:00														



PROCTOR MODIFICADO	N° DE GC	12	25	56
DSM: 2.094	CBR 0.1"	36.81%	60.23%	93.73%
CHO: 8.204	CBR 0.2'	39.60%	56.71%	97.01%
	CBR al 100%	97.01%		
	CBR al 95%	72.02%		

DSM al 95%: 1.9893

	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	TIEMPO
EXPANSION %	0.00	0.00	0.00	0 HRS
	0.12	0.08	0.04	24 HRS
	0.18	0.12	0.08	48 HRS
	0.24	0.16	0.12	72 HRS
	0.28	0.18	0.13	96 HRS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



ENSAYO DE C.B.R.

PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO: Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA: TRATADA CON CLORURO DE CALCIO AL 1.5 %

FECHA: 8/03/2019

CANTERA: CHIPANA

NORMA ASTM D - 1883

Molde Nº	1	2	3
Nº Capa	5	5	5
Diametro del Molde	15.245	15.256	15.254
Altura del Molde	12.650	12.666	12.620
Golpes por capa Nº	12	25	56

Cond. de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	(gr)	11470	11553	11885	11915	13135	13158
Peso de molde	(gr)	6703	6703	6911	6911	7886	7886
Peso del suelo húmedo	(gr)	4767	4850	4974	5004	5249	5272
Volumen del molde	(cm ³)	2309	2309	2315	2315	2306	2306
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.064	2.100	2.148	2.161	2.276	2.286

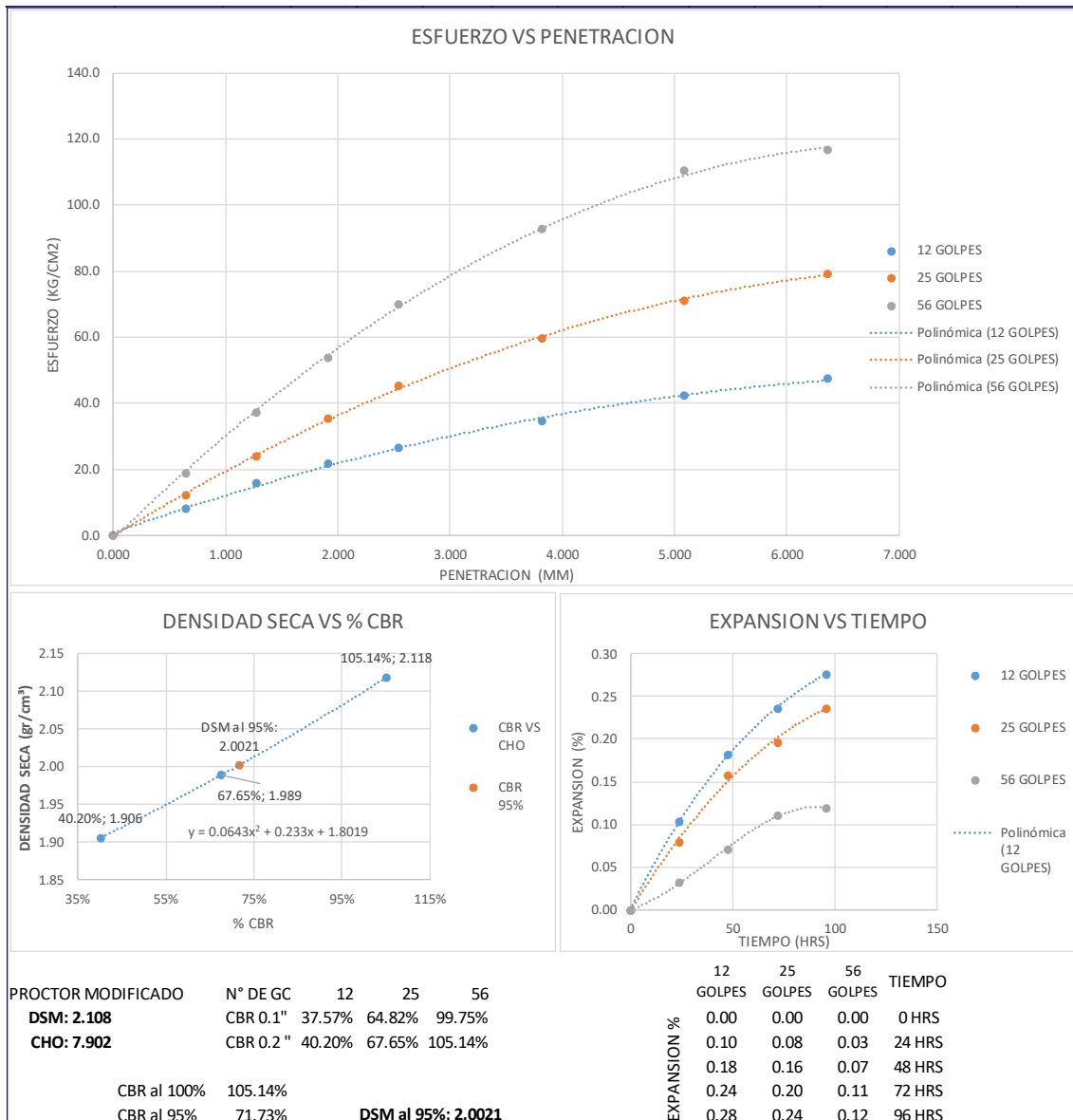
Tarro Nº		M-02	DJ-07	T-05	K-02	P-08	K-20
Tarro + Suelo húmedo	(gr)	517.38	486.40	517.31	654.84	650.90	560.35
Tarro + Suelo seco	(gr)	482.40	447.06	485.33	611.60	613.20	524.88
Peso del tarro	(gr)	60.86	61.21	84.06	110.55	109.24	76.81
Peso del Agua	(gr)	34.98	39.34	31.98	43.24	37.70	35.47
Peso del suelo seco	(gr)	421.54	385.85	401.27	501.05	503.96	448.07
Humedad	(%)	8.30	10.20	7.97	8.63	7.48	7.92
Densidad seca	(gr/cm ³)	1.906	1.906	1.989	1.989	2.118	2.118

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%		
4/03/2019	5:00 p. m.	0	12.440	0.000	0.00	15.710	0.000	0.00	19.451	0.000	0.00			
5/03/2019	5:00 p. m.	24	12.453	0.013	0.10	15.720	0.010	0.08	19.455	0.004	0.03			
6/03/2019	5:00 p. m.	48	12.463	0.023	0.18	15.730	0.020	0.16	19.460	0.009	0.07			
7/03/2019	5:00 p. m.	72	12.470	0.030	0.24	15.735	0.025	0.20	19.465	0.014	0.11			
8/03/2019	5:00 p. m.	96	12.475	0.035	0.28	15.740	0.030	0.24	19.466	0.015	0.12			

PENETRACIÓN

PENETRACION N (MM)	TIEMPO (MM:SS)	CARGA STAND.	MOLDE Nº			CORREC	MOLDE Nº			CORREC	MOLDE Nº			CORREC
			CARGA				CARGA				CARGA			
			kg/cm ²	Dial (div)	KG		KG/CM ²	%	Dial (div)		kg/cm ²	kg/cm ²	%	
0.000	00:00		0.00	0.0	0.0		0.00	0.0	0.0		0.00	0.0	0.0	
0.640	00:30		1.54	157.0	8.1		2.31	235.6	12.2		3.59	366.1	18.9	
1.270	01:00		3.02	307.9	15.9		4.51	459.9	23.8		7.02	715.8	37.0	
1.910	01:30		4.12	420.1	21.7		6.70	683.2	35.3		10.17	1037.0	53.6	
2.540	02:00	70	4.99	508.8	26.3		8.61	878.0	45.4		13.25	1351.1	69.8	
3.820	03:00		6.55	667.9	34.5		11.33	1155.3	59.7		17.60	1794.7	92.7	
5.090	04:00	105	8.01	816.8	42.2		13.48	1374.6	71.0		20.95	2136.3	110.4	
6.360	05:00		8.99	916.7	47.4		15.01	1530.6	79.1		22.12	2255.6	116.6	
7.630	06:00													
8.900	07:00													
10.060	08:00													
11.430	09:00													
12.700	10:00													





Anexo D

Ensayos realizados a la cantera Chipana

Muestras tratadas con Aceite Sulfonado al 0.15%, 0.30%, 0.50% del peso seco de suelo.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA : TRATADA CON ACEITE SULFONADO AL 0.15 %

FECHA : 6/03/2019

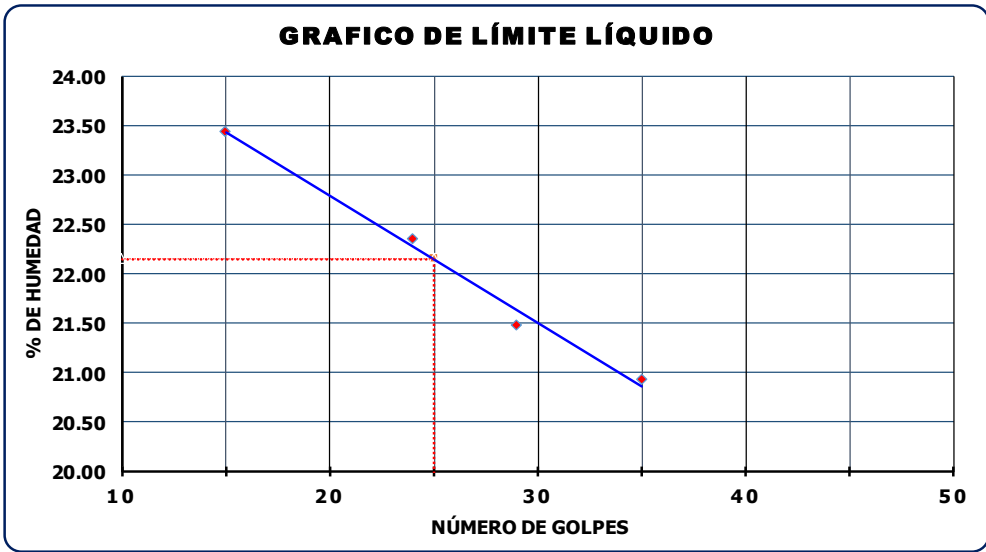
LÍMITE LÍQUIDO

Nº Tara		S-48	S-42	S-13	S-62
Peso de la Tara	gr.	16.27	18.15	15.62	16.88
Tara + Suelo Humedo	gr.	38.23	37.63	31.68	35.08
Tara + Suelo Seco	gr.	34.06	34.07	28.84	31.93
Peso del Agua	gr.	4.17	3.56	2.84	3.15
Suelo Seco	gr.	17.79	15.92	13.22	15.05
% de Humedad		23.44	22.36	21.48	20.93
Nro De Golpes		15	24	29	35

LÍMITE PLÁSTICO

Nº Tara		S-40	S-32	S-11	T-04
Peso de la Tara	gr.	17.36	20.06	18.06	
Tara + Suelo Humedo	gr.	21.83	24.91	21.96	
Tara + Suelo Seco	gr.	21.2	24.19	21.39	
Peso del Agua	gr.	0.63	0.72	0.57	
Suelo Seco	gr.	3.84	4.13	3.33	
% de Humedad		16.41	17.43	17.12	

LÍMITE LÍQUIDO L.L. = 22.00 %
LÍMITE PLÁSTICO L.P = 16.99 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD I.P. = 5.02 %





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA

Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA : TRATADA CON ACEITE SULFONADO AL 0.30 %

FECHA : 6/03/2019

LÍMITE LÍQUIDO

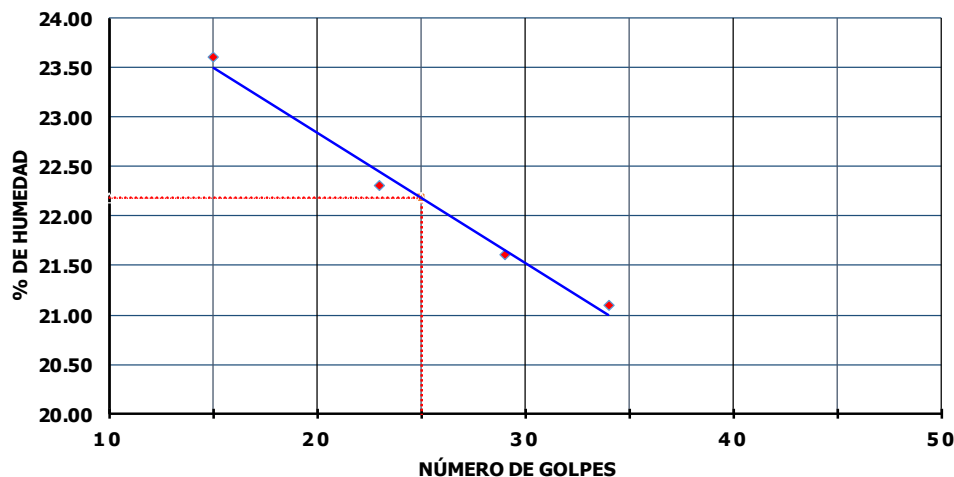
Nº Tara		S-17	S-45	I-01	S-14
Peso de la Tara	gr.	18.56	22.09	17.23	18.91
Tara + Suelo Humedo	gr.	37.12	45.76	34.23	35.3
Tara + Suelo Seco	gr.	33.58	41.45	31.21	32.44
Peso del Agua	gr.	3.54	4.31	3.02	2.86
Suelo Seco	gr.	15.02	19.36	13.98	13.53
% de Humedad		23.60	22.30	21.60	21.10
Nro De Golpes		15	23	29	34

LÍMITE PLÁSTICO

Nº Tara		S-58	S-47	S-51	T-04
Peso de la Tara	gr.	17.67	22.13	16.04	
Tara + Suelo Humedo	gr.	22.85	27.05	21.1	
Tara + Suelo Seco	gr.	22.12	26.35	20.34	
Peso del Agua	gr.	0.73	0.7	0.76	
Suelo Seco	gr.	4.45	4.22	4.3	
% de Humedad		16.40	16.60	17.70	

LÍMITE LÍQUIDO L.L. = 22.04 %
LÍMITE PLÁSTICO L.P = 16.90 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD I.P. = 5.14 %

GRAFICO DE LÍMITE LÍQUIDO





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA

Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA : TRATADA CON ACEITE SULFONADO AL 0.50 %

FECHA : 6/03/2019

LÍMITE LÍQUIDO

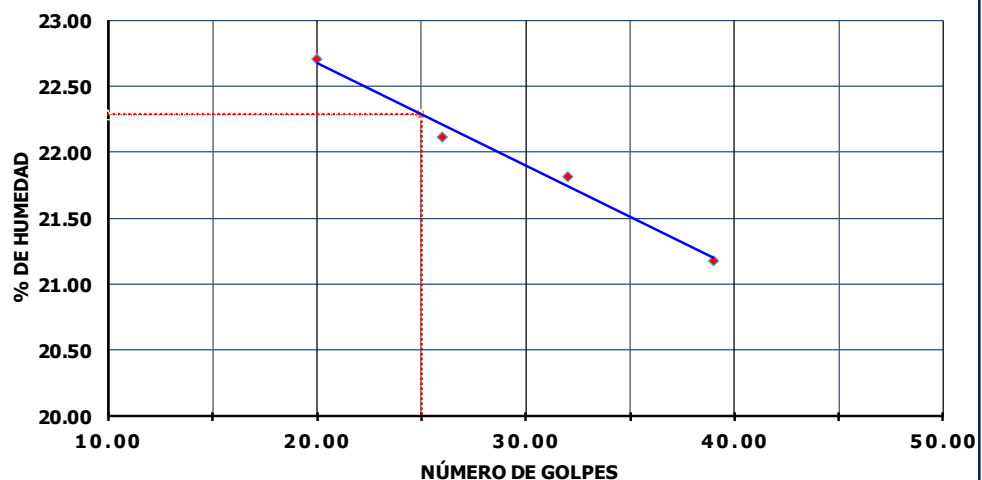
Nº Tara		S-16	S-19	S-23-3	S-22-3
Peso de la Tara	gr.	18.43	19.54	19.54	19.53
Tara + Suelo Humedo	gr.	40.80	40.13	38.19	36.18
Tara + Suelo Seco	gr.	36.66	36.40	34.85	33.27
Peso del Agua	gr.	4.14	3.73	3.34	2.91
Suelo Seco	gr.	18.23	16.86	15.31	13.74
% de Humedad		22.71	22.12	21.82	21.18
Nro De Golpes		20.00	26.00	32.00	39.00

LÍMITE PLÁSTICO

Nº Tara		S-60	S-55	S-53	T-04
Peso de la Tara	gr.	16.59	21.73	16.32	
Tara + Suelo Humedo	gr.	20.19	25.87	20.13	
Tara + Suelo Seco	gr.	19.68	25.26	19.58	
Peso del Agua	gr.	0.51	0.61	0.55	
Suelo Seco	gr.	3.09	3.53	3.26	
% de Humedad		16.5	17.3	16.9	

LÍMITE LÍQUIDO L.L. = 22.24 %
LÍMITE PLÁSTICO L.P = 16.90 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD I.P. = 5.34 %

GRAFICO DE LÍMITE LÍQUIDO





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

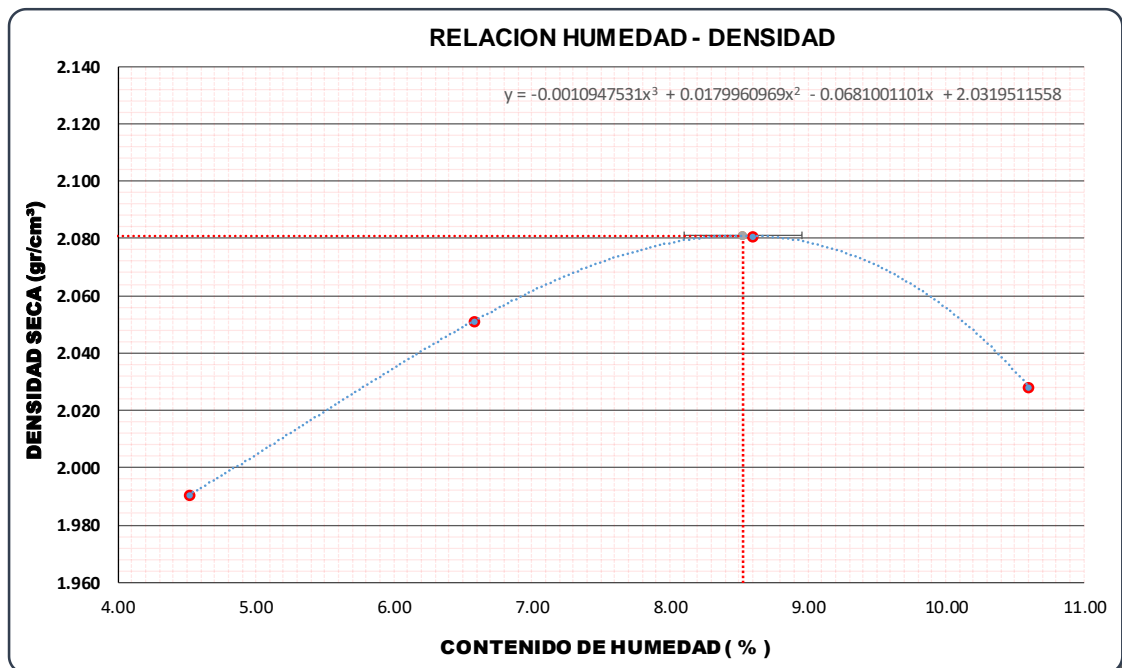
MUESTRA : TRATADA CON ACEITE SULFONADO AL 0.15 %

FECHA : 21/02/2019

CANTERA : CHIPANA

COMPACTACIÓN (ASTM D- 1557)

		M-01	M-02	M-03	M-04	M-05	
Peso suelo + molde	gr	10415	10639	10795	10760		
Peso molde	gr	6013	6013	6013	6013		
Peso suelo húmedo compactado	gr	4402	4626	4782	4747		
Volumen del molde	cm ³	2116.01	2116.01	2116.01	2116.01		
Peso volumétrico húmedo	gr	2.080	2.186	2.260	2.243		
Recipiente N°		T-05	K-02	M-02	J-04		
Peso del suelo húmedo+tara	gr	700.99	804.32	669.99	717.96		
Peso del suelo seco + tara	gr	674.35	758.58	623.01	655.20		
Peso Tara	gr	84.00	63.64	76.71	62.97		
Peso de agua	gr	26.64	45.74	46.98	62.76		
Peso del suelo seco	gr	590.35	694.94	546.30	592.23		
Contenido de agua	%	4.51	6.58	8.60	10.60		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.991	2.051	2.081	2.028		
		<i>Densidad seca máxima (gr/cm³)</i>				2.0810	
		<i>Contenido de humedad Óptimo (%)</i>				8.5274	





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA : TRATADA CON ACEITE SULFONADO AL 0.30 %

FECHA : 21/02/2019

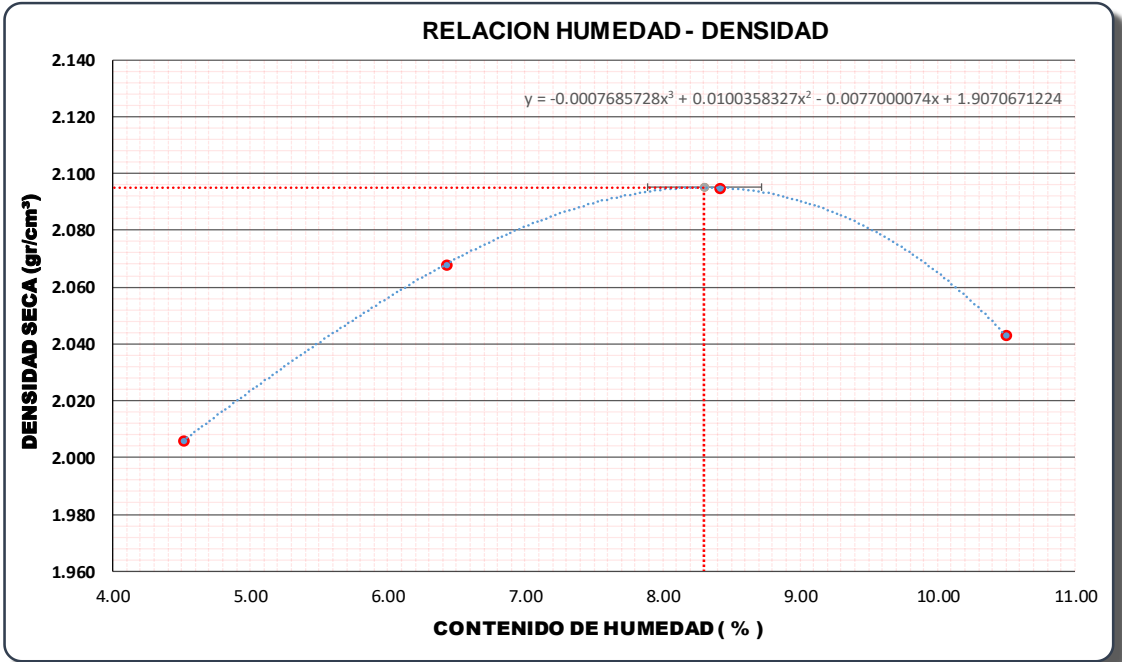
CANTERA : CHIPANA

COMPACTACIÓN (ASTM D- 1557)

M-01	M-02	M-03	M-04		
-------------	-------------	-------------	-------------	--	--

Peso suelo + molde	gr	10449	10670	10819	10790		
Peso molde	gr	6013	6013	6013	6013		
Peso suelo húmedo compactado	gr	4436	4657	4806	4777		
Volumen del molde	cm ³	2116.01	2116.01	2116.01	2116.01		
Peso volumétrico húmedo	gr	2.096	2.201	2.271	2.258		
Recipiente N°		K-02	C-21	J-04	K-20		
Peso del suelo húmedo+tara	gr	655.42	558.27	621.49	525.99		
Peso del suelo seco + tara	gr	631.91	527.64	579.14	483.32		
Peso Tara	gr	110.55	50.81	75.92	76.84		
Peso de agua	gr	23.51	30.63	42.35	42.67		
Peso del suelo seco	gr	521.36	476.83	503.22	406.48		
Contenido de agua	%	4.51	6.42	8.42	10.50		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.006	2.068	2.095	2.043		

	Densidad seca máxima (gr/cm³)	2.0951
	Contenido de humedad Óptimo (%)	8.3030





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

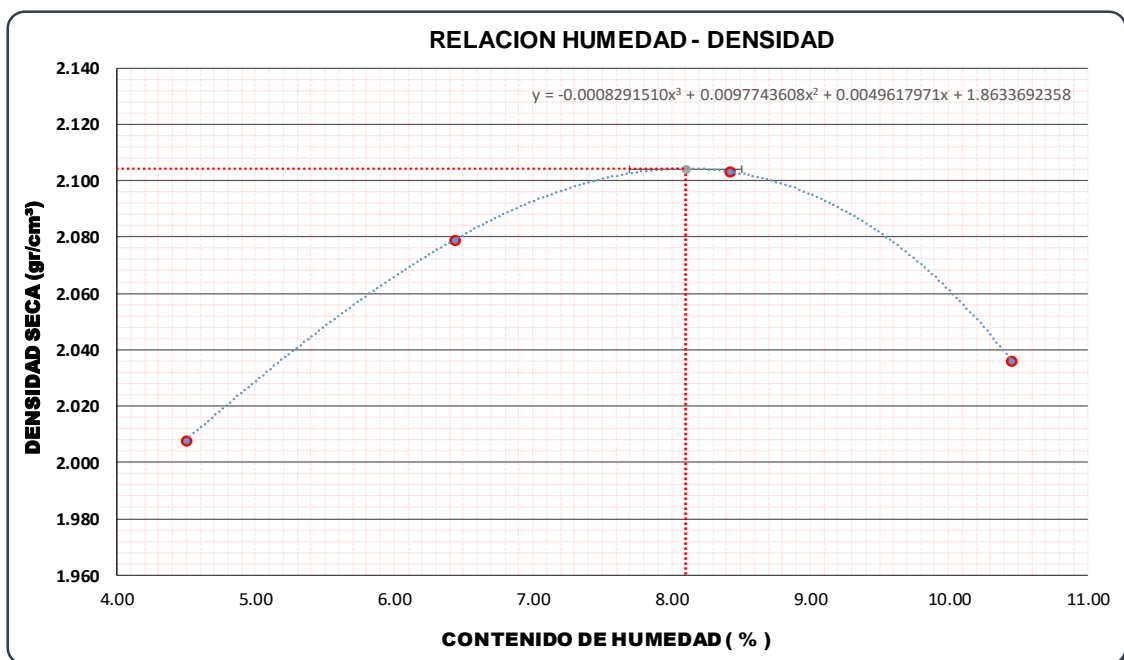
MUESTRA : TRATADA CON ACEITE SULFONADO AL 0.50 %

FECHA : 27/02/2019

CANTERA : CHIPANA

COMPACTACIÓN (ASTM D- 1557)

		M-01	M-02	M-03	M-04		
Peso suelo + molde	gr	10453	10695	10838	10772		
Peso molde	gr	6013	6013	6013	6013		
Peso suelo húmedo compactado	gr	4440	4682	4825	4759		
Volumen del molde	cm ³	2116.01	2116.01	2116.01	2116.01		
Peso volumétrico húmedo	gr	2.098	2.213	2.280	2.249		
Recipiente N°		K-02	C-8	G-02	T-05		
Peso del suelo húmedo+tara	gr	631.11	605.51	508.95	552.96		
Peso del suelo seco + tara	gr	607.25	572.73	474.37	508.58		
Peso Tara	gr	76.76	62.95	63.66	84.03		
Peso de agua	gr	23.86	32.78	34.58	44.38		
Peso del suelo seco	gr	530.49	509.78	410.71	424.55		
Contenido de agua	%	4.50	6.43	8.42	10.45		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.008	2.079	2.103	2.036		
		<i>Densidad seca máxima (gr/cm³)</i>				2.1042	
		<i>Contenido de humedad Óptimo (%)</i>				8.1050	





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



ENSAYO DE C.B.R.

PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO: Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA

Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA: TRATADA CON ACEITE SULFONADO AL 0.15 %

FECHA: 16/03/2019

CANtera: CHIPANA

NORMA ASTM D - 1883

Molde Nº	1	2	3
Nº Capa	5	5	5
Diámetro del Molde	15.236	15.238	15.240
Altura del Molde	12.658	12.664	12.602
Golpes por capa Nº	12	25	56

Cond. de la muestra		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO	
Peso molde + suelo húmedo	(gr)	11468	11577	12793	12886	12960	13024						
Peso de molde	(gr)	6688	6688	7876	7876	7773	7773						
Peso del suelo húmedo	(gr)	4780	4889	4917	5010	5187	5251						
Volumen del molde	(cm³)	2308	2308	2309	2309	2299	2299						
Densidad húmeda	(gr/cm³)	2.071	2.118	2.129	2.169	2.256	2.284						

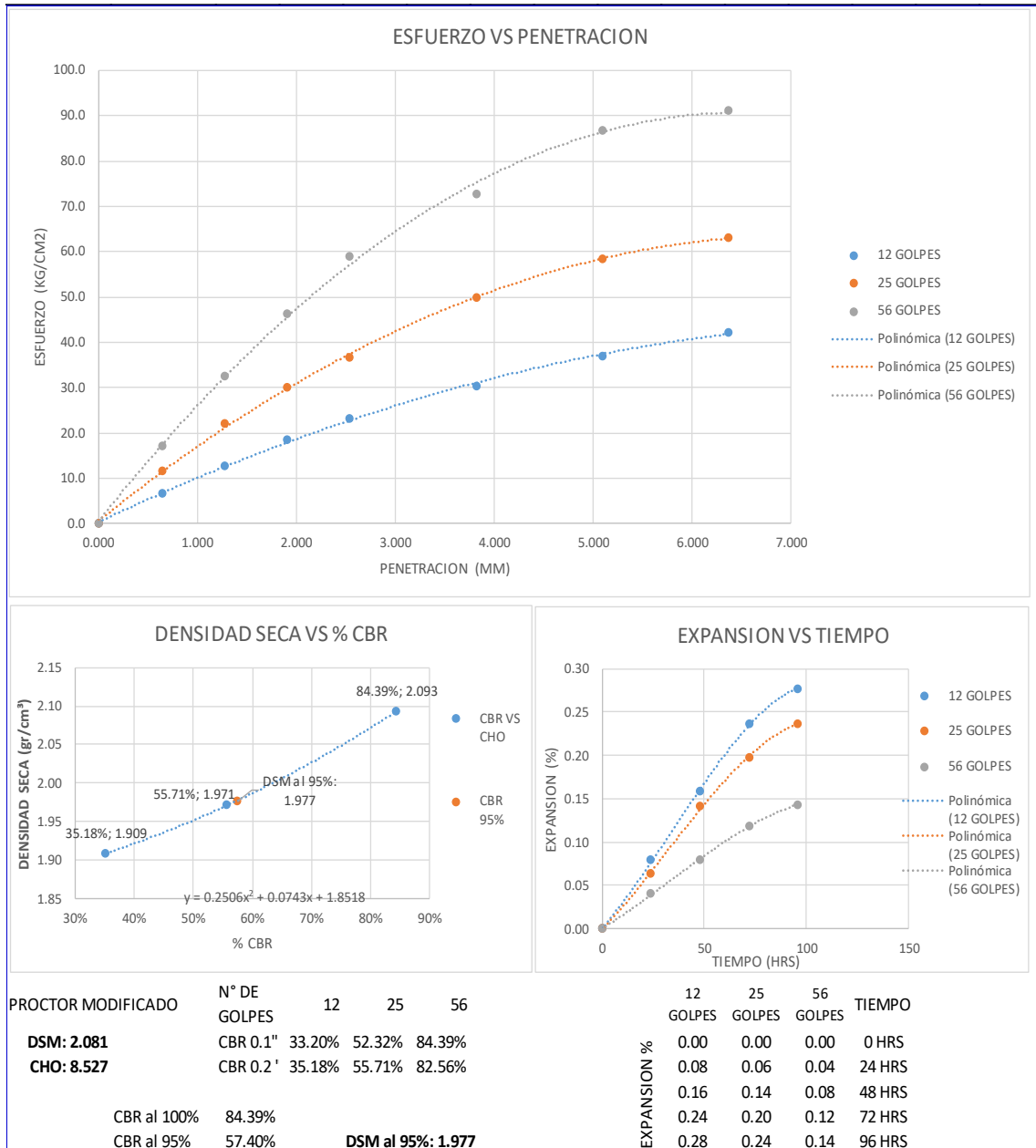
Tarro Nº		M-22	M-28	M-27	M-07	S-27	M-08
Tarro + Suelo húmedo	(gr)	150.40	166.84	193.81	208.17	115.99	183.76
Tarro + Suelo seco	(gr)	139.93	152.11	180.70	192.15	109.01	171.44
Peso del tarro	(gr)	16.51	17.50	16.99	32.41	19.59	36.58
Peso del Agua	(gr)	10.47	14.73	13.11	16.02	6.98	12.32
Peso del suelo seco	(gr)	123.42	134.61	163.71	159.74	89.42	134.86
Humedad	(%)	8.48	10.94	8.01	10.03	7.81	9.14
Densidad seca	(gr/cm³)	1.909	1.909	1.971	1.971	2.093	2.093

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
11/03/2019	3:30 p. m.	0	16.960	0.000	0.00	21.000	0.000	0.00	17.250	0.000	0.00
		24	16.970	0.010	0.08	21.008	0.008	0.06	17.255	0.005	0.04
		48	16.980	0.020	0.16	21.018	0.018	0.14	17.260	0.010	0.08
		72	16.990	0.030	0.24	21.025	0.025	0.20	17.265	0.015	0.12
		96	16.995	0.035	0.28	21.030	0.030	0.24	17.268	0.018	0.14

PENETRACIÓN

PENETRACION (MM)	TIEMPO (MM-SS)	CARGA STAND.	MOLDE Nº			CORREC.	MOLDE Nº			CORREC.	MOLDE Nº			CORREC.
			CARGA				CARGA				CARGA			
			kg/cm²	Dial (div)	KG		KG/CM²	%	Dial (div)		kg/cm²	kg/cm²	%	
0.000	00:00		0.00	0.0	0.0		0.00	0.0	0.0		0.00	0.0	0.0	
0.640	00:30		1.25	127.5	6.6		2.19	223.3	11.5		3.25	331.4	17.1	
1.270	01:00		2.43	247.8	12.8		4.21	429.3	22.2		6.18	630.2	32.6	
1.910	01:30		3.52	358.9	18.5		5.72	583.3	30.1		8.77	894.3	46.2	
2.540	02:00	70	4.41	449.7	23.2		6.95	708.7	36.6		11.21	1143.1	59.1	
3.820	03:00		5.76	587.3	30.4		9.45	963.6	49.8		13.78	1405.1	72.6	
5.090	04:00	105	7.01	714.8	36.9		11.10	1131.9	58.5		16.45	1677.4	86.7	
6.360	05:00		8.02	817.8	42.3		11.97	1220.6	63.1		17.29	1763.1	91.1	
7.630	06:00													
8.900	07:00													
10.060	08:00													
11.430	09:00													
12.700	10:00													





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



ENSAYO DE C.B.R.

PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO: Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA: TRATADA CON ACEITE SULFONADO AL 0.30 %

FECHA: 16/03/2019

CANTERA: CHIPANA

NORMA ASTM D - 1883

Molde Nº	1	2	3
Nº Capa	5	5	5
Diametro del Molde	15.242	15.246	15.248
Altura del Molde	12.664	12.624	12.608
Golpes por capa Nº	12	25	56

Cond. de la muestra		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO	
		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO		
Peso molde + suelo húmedo	(gr)	11505	11657	12116	12230	13055	13134		
Peso de molde	(gr)	6715	6715	7163	7163	7855	7855		
Peso del suelo húmedo	(gr)	4790	4942	4953	5067	5200	5279		
Volumen del molde	(cm³)	2311	2311	2305	2305	2302	2302		
Densidad húmeda	(gr/cm³)	2.073	2.139	2.149	2.199	2.259	2.293		

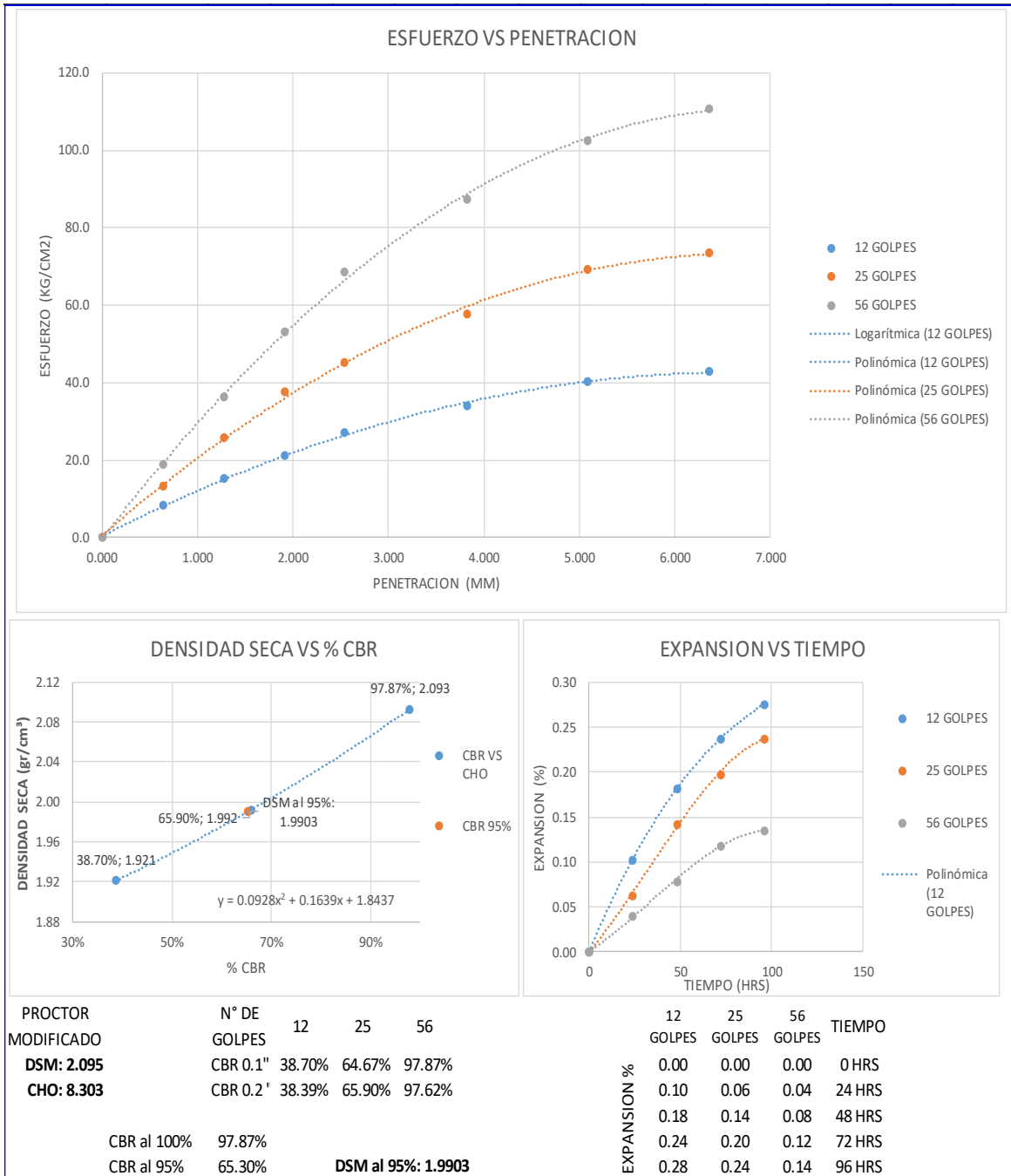
Tarro Nº		M-26	M-04	M-22	S-58	S-07-01	S-49
Tarro + Suelo húmedo	(gr)	139.58	194.60	129.21	116.77	89.99	107.94
Tarro + Suelo seco	(gr)	130.62	178.58	121.00	107.44	84.37	100.21
Peso del tarro	(gr)	17.44	37.23	16.50	17.64	13.71	19.53
Peso del Agua	(gr)	8.96	16.02	8.21	9.33	5.62	7.73
Peso del suelo seco	(gr)	113.18	141.36	104.50	89.80	70.66	80.68
Humedad	(%)	7.92	11.33	7.86	10.39	7.95	9.58
Densidad seca	(gr/cm³)	1.921	1.921	1.992	1.992	2.093	2.093

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%				
		0	22.320	0.000	0.00	15.400	0.000	0.00	20.405	0.000	0.00			
		24	22.333	0.013	0.10	15.408	0.008	0.06	20.410	0.005	0.04			
		48	22.343	0.023	0.18	15.418	0.018	0.14	20.415	0.010	0.08			
		72	22.350	0.030	0.24	15.425	0.025	0.20	20.420	0.015	0.12			
		96	22.355	0.035	0.28	15.430	0.030	0.24	20.422	0.017	0.14			

PENETRACIÓN

PENETRACION N (MM)	TIEMPO (MM-SS)	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº				1				2				3			
			CARGA				CORREC %	CARGA				CORREC %	CARGA				CORREC %	
			Dial (div)	KG	KG/CM2			Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2			Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2			
0.000	00:00		0.00	0.0	0.0		0.00	0.0	0.0					0.00	0.0	0.0		
0.640	00:30		1.56	159.1	8.2		2.53	258.0	13.3					3.55	362.0	18.7		
1.270	01:00		2.89	294.7	15.2		4.87	496.6	25.7					6.87	700.5	36.2		
1.910	01:30		4.01	408.9	21.1		7.17	731.1	37.8					10.11	1030.9	53.3		
2.540	02:00	70	5.14	524.1	27.1		8.59	875.9	45.3					13.00	1325.6	68.5		
3.820	03:00		6.46	658.7	34.0		10.96	1117.6	57.8					16.61	1693.7	87.5		
5.090	04:00	105	7.65	780.1	40.3		13.13	1338.9	69.2					19.45	1983.3	102.5		
6.360	05:00		8.13	829.0	42.8		13.95	1422.5	73.5					21.04	2145.4	110.9		
7.630	06:00																	
8.900	07:00																	
10.060	08:00																	
11.430	09:00																	
12.700	10:00																	





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



ENSAYO DE C.B.R.

PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO: Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA: TRATADA CON ACEITE SULFONADO AL 0.50 %

FECHA: 16/03/2019

CANTERA: CHIPANA

NORMA ASTM D - 1883

Molde Nº	1	2	3
Nº Capa	5	5	5
Diametro del Molde	15.238	15.244	15.248
Altura del Molde	12.566	12.554	12.521
Golpes por capa Nº	12	25	56

Cond. de la muestra		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO	
Peso molde + suelo húmedo	(gr)	11522	11636	12136	12227	12896	12918		
Peso de molde	(gr)	6808	6808	7197	7197	7707	7707		
Peso del suelo húmedo	(gr)	4714	4828	4939	5030	5189	5211		
Volumen del molde	(cm ³)	2292	2292	2291	2291	2286	2286		
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.057	2.107	2.156	2.195	2.269	2.279		

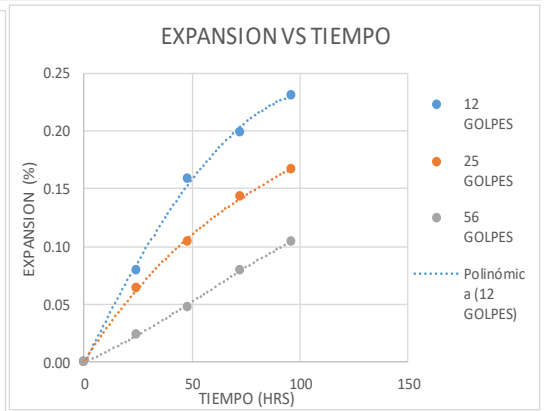
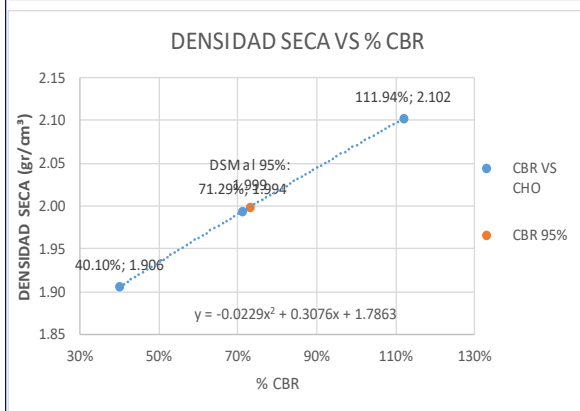
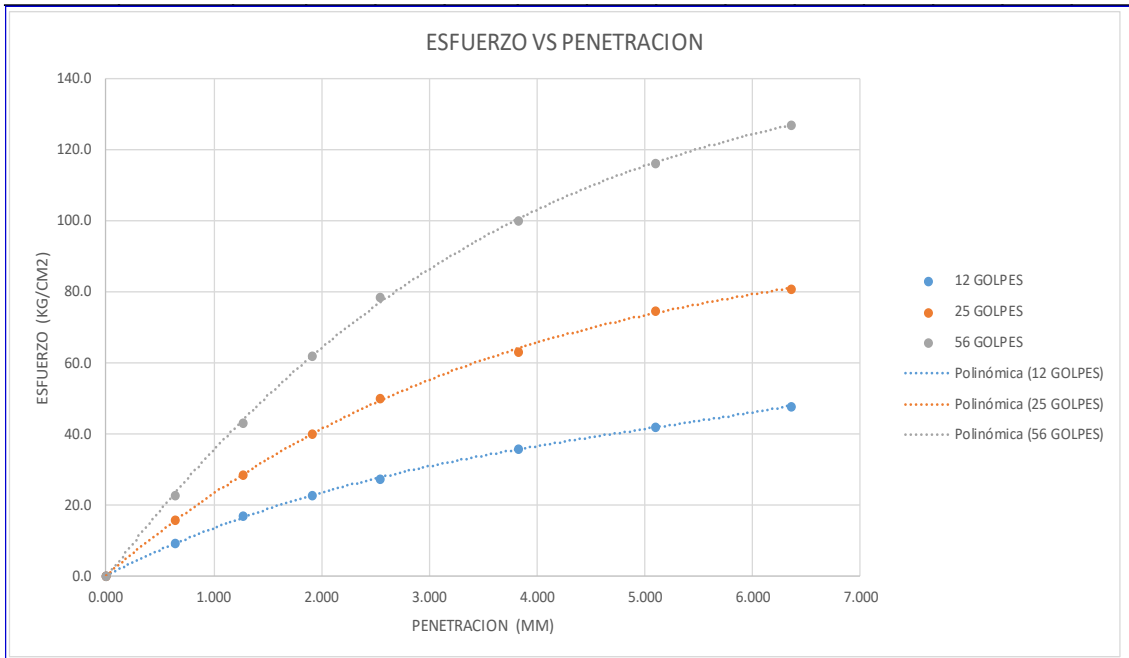
Tarro Nº		M-12	S-40	S-12	S-32	M-25	M-08-01
Tarro + Suelo húmedo	(gr)	161.17	117.50	96.30	131.19	135.17	114.67
Tarro + Suelo seco	(gr)	151.80	108.01	90.34	121.00	126.47	107.23
Peso del tarro	(gr)	33.23	18.05	16.99	20.07	16.65	18.90
Peso del Agua	(gr)	9.37	9.49	5.96	10.19	8.70	7.44
Peso del suelo seco	(gr)	118.57	89.96	73.35	100.93	109.82	88.33
Humedad	(%)	7.90	10.55	8.13	10.10	7.92	8.42
Densidad seca	(gr/cm ³)	1.906	1.906	1.994	1.994	2.102	2.102

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION		
					mm	%			mm	%			mm	%	
		0	12.460	0.000	0.00			15.967	0.000	0.00			18.120	0.000	0.00
		24	12.470	0.010	0.08			15.975	0.008	0.06			18.123	0.003	0.02
		48	12.480	0.020	0.16			15.980	0.013	0.10			18.126	0.006	0.05
		72	12.485	0.025	0.20			15.985	0.018	0.14			18.130	0.010	0.08
		96	12.489	0.029	0.23			15.988	0.021	0.17			18.133	0.013	0.10

PENETRACIÓN

PENETRACION N (MM)	TIEMPO (MM:SS)	CARGA		MOLDE Nº			1			2			3		
		STAND.	kg/cm ²	CARGA			CORREC	CARGA			CORREC	CARGA			CORREC
				Dial (div)	KG	KG/CM ²		%	Dial (div)	kg/cm ²		kg/cm ²	%	Dial (div)	
0.000	00:00			0.00	0.0	0.0		0.00	0.0	0.0		0.00	0.0	0.0	
0.640	00:30			1.77	180.5	9.3		2.99	304.9	15.8		4.33	441.5	22.8	
1.270	01:00			3.22	328.3	17.0		5.41	551.7	28.5		8.21	837.2	43.3	
1.910	01:30			4.29	437.5	22.6		7.57	771.9	39.9		11.74	1197.1	61.9	
2.540	02:00	70		5.19	529.2	27.4		9.47	965.7	49.9		14.87	1516.3	78.4	
3.820	03:00			6.76	689.3	35.6		11.97	1220.6	63.1		18.99	1936.4	100.1	
5.090	04:00	105		7.99	814.7	42.1		14.19	1447.0	74.8		22.03	2246.4	116.1	
6.360	05:00			9.08	925.9	47.8		15.36	1566.3	80.9		24.13	2460.5	127.2	
7.630	06:00														
8.900	07:00														
10.060	08:00														
11.430	09:00														
12.700	10:00														



PROCTOR MODIFICADO	N° DE GO	12	25	56
DSM: 2.104	CBR 0.1"	39.07%	71.29%	111.94%
CHO: 8.105	CBR 0.2"	40.10%	71.22%	110.56%
	CBR al 100%	111.94%		
	CBR al 95%	73.13%	DSM al 95%: 1.999	

	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES	TIEMPO
EXPANSION %	0.00	0.00	0.00	0 HRS
	0.08	0.06	0.02	24 HRS
	0.16	0.10	0.05	48 HRS
	0.20	0.14	0.08	72 HRS
	0.23	0.17	0.10	96 HRS



Anexo E

Ensayos realizados a la mezcla de canteras

Cantera Chipana: agregado fino o material ligante

Cantera Challacollo: agregado grueso



ANALISIS GRANULOMETRICO POR LAVADO (ASTM D 421)

PROYECTO INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACION DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE

SOLICITADO Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA AGREGADO GRUESO (CANTERA CHALLACOLLO) + AGREGADO FINO (CANTERA

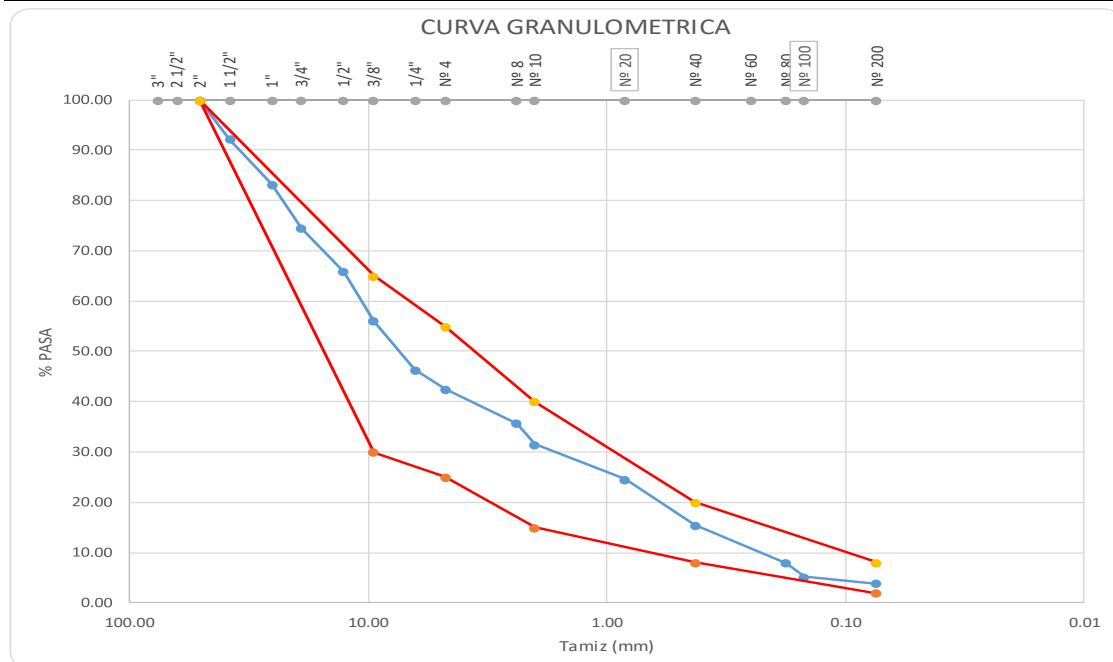
FECHA 19/02/2019

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA CHALLACOLLO, CHIPANA

PESO INICIAL SECO	4272.8	gr
PESO SECO LAVADO	3943.33	gr

TAMIZ	ABERTURA DE MALLAS (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULAD	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200			0.00	100.00	DIAMETRO <i>D60=</i> 10.868 <i>D30=</i> 1.768 <i>D10=</i> 0.202
2 1/2"	63.500		0.00	0.00	100.00	
2"	50.800		0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	333.04	7.79	7.79	92.21	
1"	25.400	385.35	9.02	16.81	83.19	<i>Cu=</i> 53.80 <i>Cc=</i> 1.424
3/4"	19.050	374.55	8.77	25.58	74.42	
1/2"	12.700	367.83	8.61	34.19	65.81	% Grava: 57.52 % Arena: 38.66 % Finos: 3.82
3/8"	9.525	416.05	9.74	43.93	56.07	
1/4"	6.350	413.61	9.68	53.61	46.39	
N° 4	4.760	167.02	3.91	57.52	42.48	<i>L.L.=</i> 25.20 <i>L.P.=</i> 16.75 <i>I.P.=</i> 8.45
N° 8	2.380	289.17	6.77	64.29	35.71	
N° 10	2.000	178.73	4.18	68.47	31.53	CLASIFICACION S.U.C.S GW Grava Bien Graduado con Arena GW
N° 20	0.840	297.16	6.95	75.42	24.58	
N° 40	0.426	388.96	9.10	84.52	15.48	
N° 60	0.250	0.00	0.00	84.52	15.48	
N° 80	0.177	321.25	7.52	92.04	7.96	CLASIFICACION AASTHO A-2-4
N° 100	0.149	116.45	2.73	94.77	5.23	
N° 200	0.074	60.24	1.41	96.18	3.82	
BASE		163.39	3.82	100.0	0.00	Gravas 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 AASTHO

PROYECTO : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACION DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA : AGREGADO GRUESO (CANTERA CHALLACOLLO) + AGREGADO FINO (CANTERA CHIPANA)

FECHA : 19/02/2019

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : CHALLACOLLO, CHIPANA

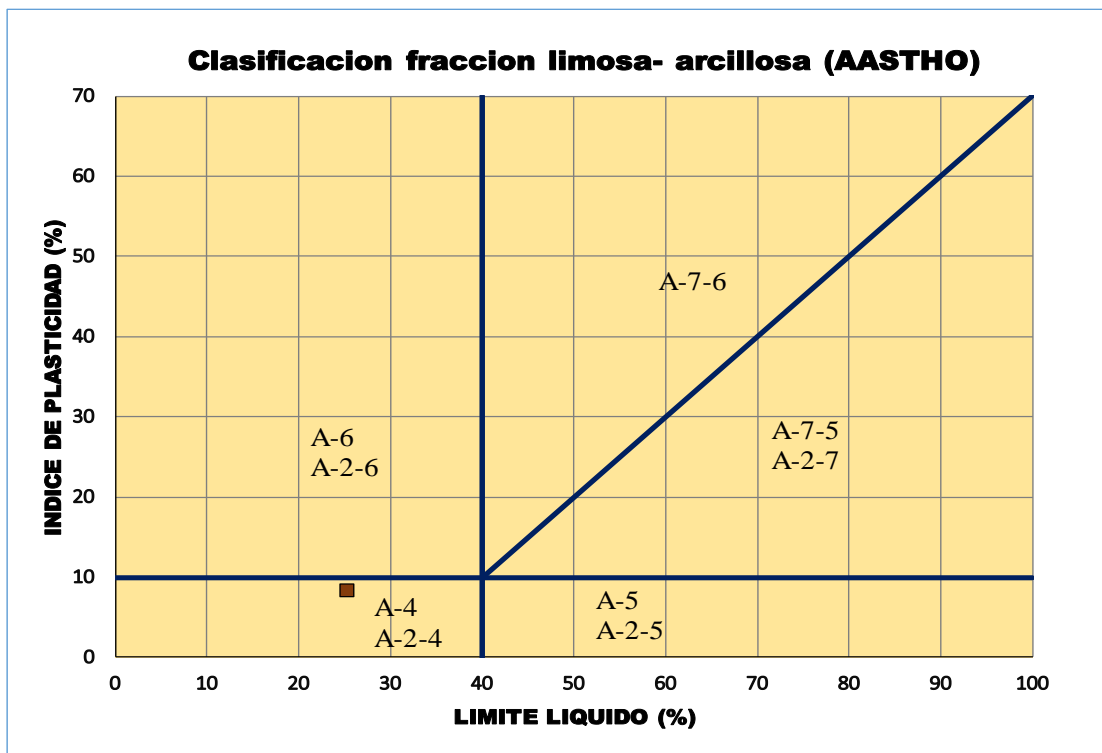
% Que pasa la malla Nº 4	42.48	%
% Que pasa la malla Nº 10	31.53	%
% Que pasa la malla Nº 40	15.48	%
% Que pasa la malla Nº 200	3.82	%
% Grava	57.52	%

L. L. =	25.20	%
I. P. =	8.45	%

$$I. G = (F_{200} - 35) * [0.2 + 0.005 * (LL - 40)] + 0.01(F_{200} - 15)(I. P. - 10)$$

Valor de indice de Grupo: I.G. =	0
---	----------

Por lo tanto suelo pertenece a:	A-2-4
--	--------------



MATERIALES GRANULARES
Material Granular
A-2-4 Gravas 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 S.U.C.S.

PROYECTO : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACION DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA : AGREGADO GRUESO (CANTERA CHALLACOLLO) + AGREGADO FINO (CANTERA CHIPANA)

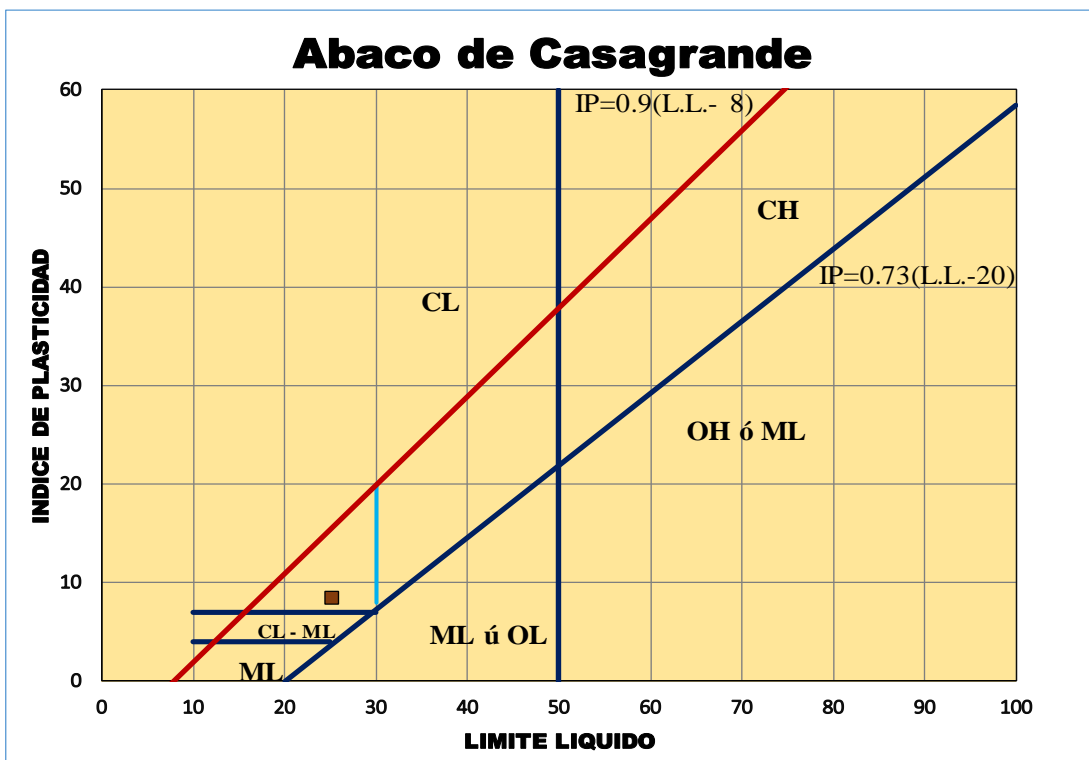
FECHA : 19/02/2019

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA : CHALLACOLLO, CHIPANA

% Que pasa la malla N° 4	42.51 %
% Que pasa la malla N° 10	31.56 %
% Que pasa la malla N° 40	15.51 %
% Que pasa la malla N° 200	3.85 %
% Grava	57.49 %
% Arena	38.66 %
% Finos	3.85 %

L. L. =	25.20	%
I. P. =	8.45	%



Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)
Suelo de partículas gruesas. Suelo limpio.
Grava Bien Graduado con Arena GW



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



- PROYECTO** : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACION DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS
- SOLICITADO** : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA
- MUESTRA** : AGREGADO GRUESO (CANTERA CHALLACOLLO) + AGREGADO FINO (CANTERA CHIPANA)
- FECHA** : 22/02/2019

**CONTENIDO DE HUMEDAD ALTERADA
(ASTM D 2216)**

Nº Tarra	S-11	S-32	S-17	S-48
Peso de la Tara gr.	18.05	20.07	18.56	16.26
Peso de Tara + M. Humeda gr.	128.17	98.32	101.56	99.21
Peso de Tara + M. Seca gr.	126.12	97.21	99.98	97.89
Peso del Agua gr.	2.05	1.11	1.58	1.32
Peso de Muestra Seca gr.	108.07	77.14	81.42	81.63
Contenido de humedad w %	1.9%	1.4%	1.9%	1.6%
Promedio cont. Humedad W %	1.7%			

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el solicitante.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

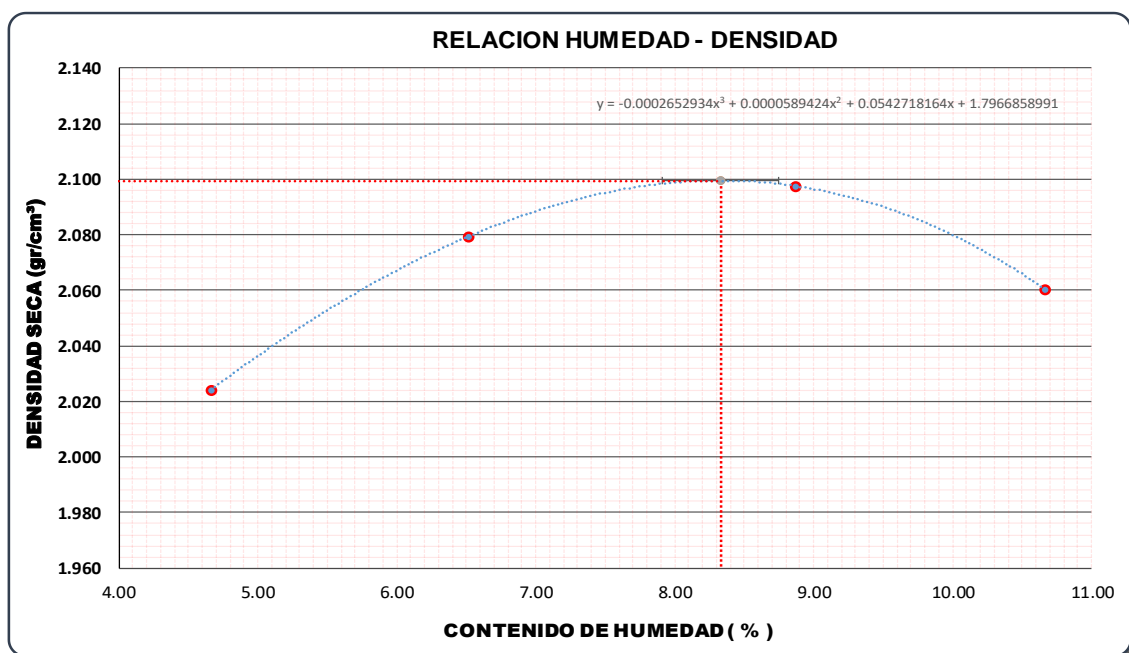


- PROYECTO** : INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS
- SOLICITADO** : Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA
- MUESTRA** : AGREGADO GRUESO (CANTERA CHALLACOLLO) + AGREGADO FINO (CANTERA CHIPANA)
- FECHA** : 27/02/2019
- CANTERA** : CHIPANA + CHALLACOLLO

COMPACTACIÓN (ASTM D- 1557)

		M-01	M-02	M-03	M-04		
Peso suelo + molde	gr	10496	10699	10845	10838		
Peso molde	gr	6013	6013	6013	6013		
Peso suelo húmedo compactado	gr	4483	4686	4832	4825		
Volumen del molde	cm ³	2116.01	2116.01	2116.01	2116.01		
Peso volumétrico húmedo	gr	2.119	2.215	2.284	2.280		
Recipiente N°		K-02	DJ-07	G-02	K-20		
Peso del suelo húmedo+tara	gr	497.57	544.96	588.84	589.92		
Peso del suelo seco + tara	gr	480.32	515.40	546.08	540.49		
Peso Tara	gr	110.50	61.14	63.64	76.74		
Peso de agua	gr	17.25	29.56	42.76	49.43		
Peso del suelo seco	gr	369.82	454.26	482.44	463.75		
Contenido de agua	%	4.66	6.51	8.86	10.66		
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.024	2.079	2.098	2.061		

	<i>Densidad seca máxima (gr/cm³)</i>	2.0995
	<i>Contenido de humedad Óptimo (%)</i>	8.3322





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



ENSAYO DE C.B.R.

PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

SOLICITADO: Bach. JUAN LUIS MAMANI TOMA
Bach. LENER YONATHAN CALLATA CALLATA

MUESTRA: AGREGADO GRUESO (CANTERA CHALLACOLLO) + AGREGADO FINO (CANTERA CHIPANA)

FECHA: 25/03/2019

CANTERA: CHIPANA + CHALLACOLLO

NORMA ASTM D 1883

Molde Nº	1	2	3
Nº Capa	5	5	5
Diámetro del Molde	15.238	15.258	15.245
Altura del Molde	12.648	12.642	12.529
Golpes por capa Nº	12	25	56

Cond. de la muestra		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO	
		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO		
Peso molde + suelo húmedo	(gr)	11608	11708	12121	12210	12892	12947		
Peso de molde	(gr)	6807	6807	7089	7089	7705	7705		
Peso del suelo húmedo	(gr)	4801	4901	5032	5121	5187	5242		
Volumen del molde	(cm³)	2307	2307	2312	2312	2287	2287		
Densidad húmeda	(gr/cm³)	2.081	2.125	2.177	2.215	2.268	2.292		

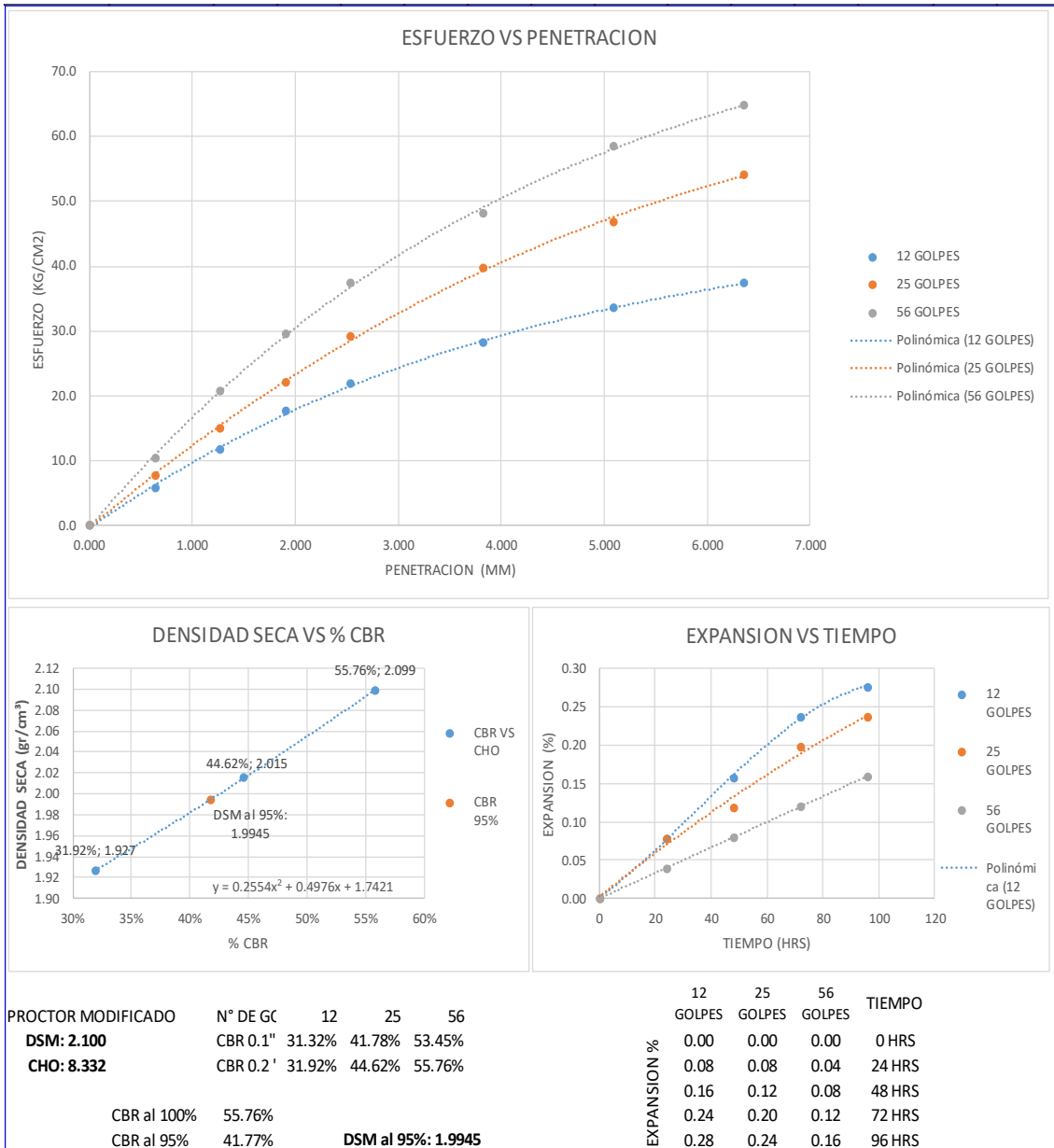
Tarro Nº		S-13	M-01	S-23-3	T-32	S-17	M-08
Tarro + Suelo húmedo	(gr)	68.26	226.17	107.66	232.78	99.76	176.70
Tarro + Suelo seco	(gr)	64.36	208.28	101.10	214.98	93.70	164.92
Peso del tarro	(gr)	15.59	33.78	19.57	35.46	18.56	36.54
Peso del Agua	(gr)	3.90	17.89	6.56	17.80	6.06	11.78
Peso del suelo seco	(gr)	48.77	174.50	81.53	179.52	75.14	128.38
Humedad	(%)	8.00	10.25	8.05	9.92	8.06	9.18
Densidad seca	(gr/cm³)	1.927	1.927	2.015	2.015	2.099	2.099

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
4/03/2019	5:00 p. m.	0	29.620	0.000	0.00	15.070	0.000	0.00	19.650	0.000	0.00
5/03/2019	5:00 p. m.	24	29.630	0.010	0.08	15.080	0.010	0.08	19.655	0.005	0.04
6/03/2019	5:00 p. m.	48	29.640	0.020	0.16	15.085	0.015	0.12	19.660	0.010	0.08
7/03/2019	5:00 p. m.	72	29.650	0.030	0.24	15.095	0.025	0.20	19.665	0.015	0.12
8/03/2019	5:00 p. m.	96	29.655	0.035	0.28	15.100	0.030	0.24	19.670	0.020	0.16

PENETRACIÓN

PENETRACION N (MM)	TIEMPO (MM:SS)	CARGA STAND. kg/cm²	MOLDE Nº				CORREC	MOLDE Nº				CORREC	MOLDE Nº				CORREC	
			CARGA		CORREC	CARGA		CORREC	CARGA		CORREC							
			Dial (div)	KG		KG/CM²			%	Dial (div)			kg/cm²	kg/cm²	%	Dial (div)		kg/cm²
0.000	00:00		0.00	0.0	0.0		0.00	0.0	0.0		0.00	0.0	0.0		0.00	0.0	0.0	
0.640	00:30		1.10	112.2	5.8		1.48	150.9	7.8		1.99	202.9	10.5					
1.270	01:00		2.23	227.4	11.8		2.86	291.6	15.1		3.93	400.7	20.7					
1.910	01:30		3.35	341.6	17.7		4.19	427.3	22.1		5.61	572.1	29.6					
2.540	02:00	70	4.16	424.2	21.9		5.55	565.9	29.2		7.10	724.0	37.4					
3.820	03:00		5.36	546.6	28.2		7.54	768.9	39.7		9.15	933.0	48.2					
5.090	04:00	105	6.36	648.5	33.5		8.89	906.5	46.8		11.11	1132.9	58.5					
6.360	05:00		7.10	724.0	37.4		10.27	1047.2	54.1		12.29	1253.2	64.8					
7.630	06:00																	
8.900	07:00																	
10.060	08:00																	
11.430	09:00																	
12.700	10:00																	





Anexo F

Ensayos de compresión simple realizados a la cantera Chipana

Muestras tratadas y no tratadas en estado congelado



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



PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACION DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

UBICACIÓN: DISTRITO DE KELLUYO

CANTERA: CHIPANA

MUESTRA: SIN TRATAMIENTO

FECHA: 01/07/2019

Velocidad de carga (mm/mii 0.50

Presion de celda σ_3 (kg/cm² 0.00

Estado del Suelo: natural congelado

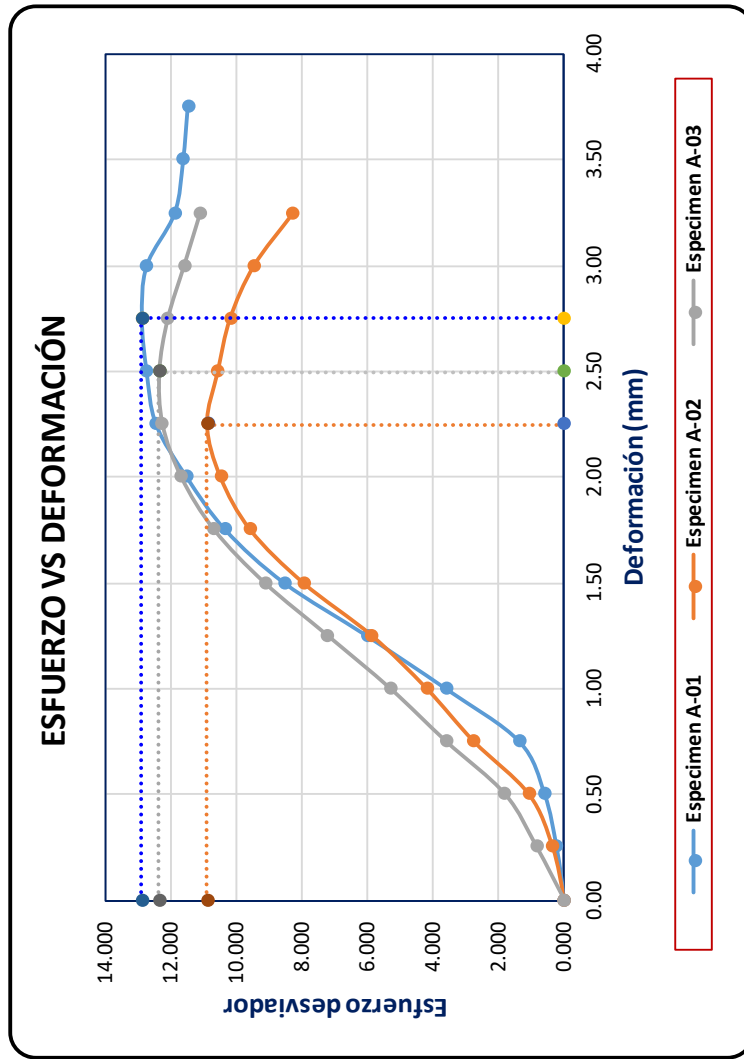
Tipo de muestra: remoldeado

DATOS DE LA MUESTRA

Datos	Especimen A-01	Especimen A-02	Especimen A-03
Peso (g)	1150.00	1155.00	1152.00
Diametro (cm)	7.30	7.32	7.32
Altura (cm)	14.28	14.27	14.27
Area (cm ²)	41.85	42.08	42.08
Densidad (g/cm ³)	1.92	1.92	1.92
Humedad (W %)	9.10	9.10	9.10

Deformación	Especimen A-01						Especimen A-02						Especimen A-03					
	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corregida $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (kg)	Esfuerzo o corte $\sigma = P / A'$		Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corregida $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (kg)	Esfuerzo o corte $\sigma = P / A'$		Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corregida $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (kg)	Esfuerzo o corte $\sigma = P / A'$	
0.00	0.000	41.854	0.00	0.000	0.000		0.000	42.084	0.00	0.000	0.000		0.000	42.084	0.00	0.000	0.000	
0.25	0.002	41.927	0.10	10.194	0.243		0.002	42.157	0.15	15.291	0.363		0.002	42.157	0.35	35.678	0.846	
0.50	0.004	42.001	0.25	25.484	0.607		0.004	42.231	0.45	45.872	1.086		0.004	42.231	0.75	76.453	1.810	
0.75	0.005	42.075	0.57	58.104	1.381		0.005	42.306	1.15	117.227	2.771		0.005	42.306	1.50	152.905	3.614	
1.00	0.007	42.149	1.50	152.905	3.628		0.007	42.381	1.75	178.389	4.209		0.007	42.381	2.21	225.280	5.316	
1.25	0.009	42.223	2.50	254.842	6.036		0.009	42.455	2.45	249.745	5.883		0.009	42.455	3.01	306.830	7.227	
1.50	0.011	42.298	3.55	361.876	8.555		0.011	42.531	3.33	339.450	7.981		0.011	42.531	3.82	389.399	9.156	
1.75	0.012	42.373	4.30	438.328	10.344		0.012	42.606	4.01	408.767	9.594		0.012	42.606	4.47	455.657	10.695	
2.00	0.014	42.448	4.80	489.297	11.527		0.014	42.682	4.40	448.522	10.509		0.014	42.682	4.90	499.490	11.703	
2.25	0.016	42.524	5.20	530.071	12.465		0.016	42.758	4.58	466.871	10.919		0.016	42.758	5.15	524.975	12.278	
2.50	0.018	42.600	5.33	543.323	12.754		0.018	42.834	4.45	453.619	10.590		0.018	42.834	5.20	530.071	12.375	
2.75	0.019	42.676	5.40	550.459	12.899		0.019	42.910	4.30	438.328	10.215		0.019	42.910	5.10	519.878	12.115	
3.00	0.021	42.752	5.35	545.362	12.756		0.021	42.987	4.00	407.747	9.485		0.021	42.987	4.90	499.490	11.620	
3.25	0.023	42.829	5.00	509.684	11.901		0.023	43.064	3.50	356.779	8.285		0.023	43.064	4.70	479.103	11.125	
3.50	0.025	42.905	4.90	499.490	11.642													
3.75	0.026	42.983	4.85	494.393	11.502													
4.00																		

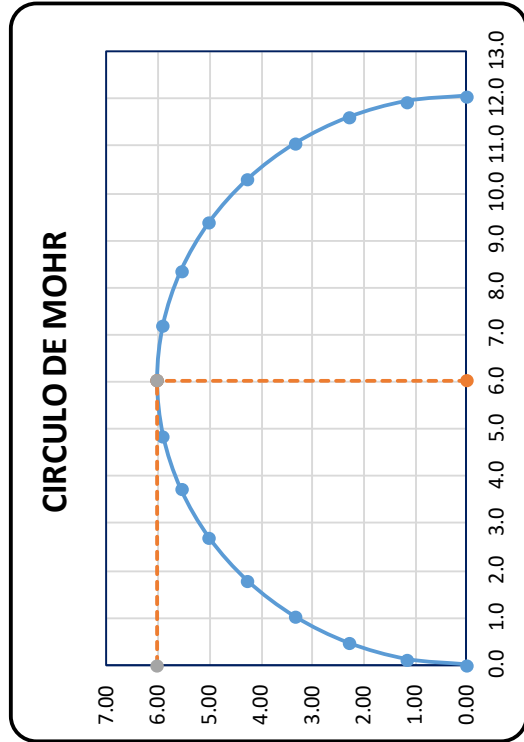
RESULTADOS:



Especimen A-01		
qmax=	12.899	kg/cm ²
cohesión=	6.45	kg/cm ²

Especimen A-02		
qmax=	10.919	kg/cm ²
cohesión=	5.46	kg/cm ²

Especimen A-03		
qmax=	12.375	kg/cm ²
cohesión=	6.19	kg/cm ²



RESULTADO FINAL		
Promedio qmax=	12.06	kg/cm ²
Cohesión=	6.032	kg/cm ²



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACION DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

UBICACIÓN: DISTRITO DE KELLUYO

CANTERA: CHIPANA

MUESTRA: TRATADA CON CLORURO DE CALCIO AL 0.5%

FECHA: 01/07/2019

Velocidad de carga (mm/mir 0.50

Presion de celda σ_3 (kg/cm² 0.00

Estado del Suelo: natural congelado

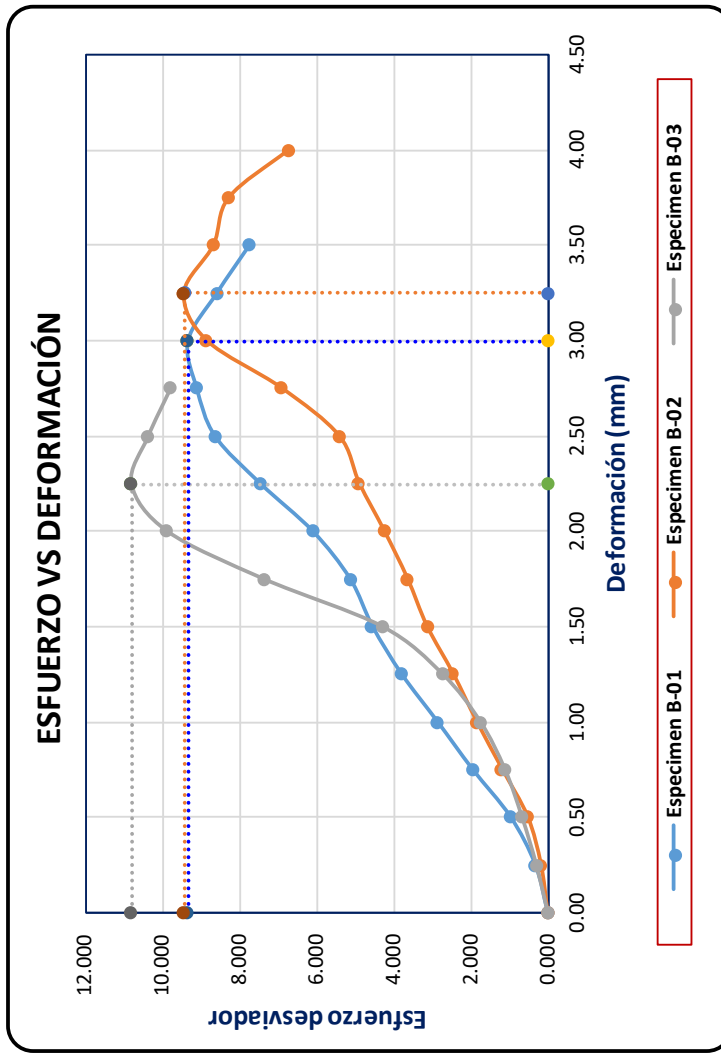
Tipo de muestra: remoldeado

DATOS DE LA MUESTRA

Datos	Especimen B-01	Especimen B-02	Especimen B-03
Peso (g)	1166.00	1168.00	1164.00
Diámetro (cm)	7.23	7.25	7.24
Altura (cm)	14.30	14.29	14.31
Area (cm ²)	41.06	41.28	41.17
Densidad (g/cm ³)	1.99	1.98	1.98
Humedad (W %)	8.70	8.70	8.70

Especimen B-01							Especimen B-02							Especimen B-03						
Deformación	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corregida $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (kg)	Esfuerzo o corte $\sigma = P / A'$	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corregida $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (kg)	Esfuerzo o corte $\sigma = P / A'$	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corregida $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (kg)	Esfuerzo o corte $\sigma = P / A'$	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corregida $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (kg)	Esfuerzo o corte $\sigma = P / A'$
0.00	0.000	41.055	0.00	0.000	0.000	0.000	41.282	0.00	0.000	0.000	0.000	41.17	0.00	0.000	0.000	0.000	41.282	0.00	0.000	0.000
0.25	0.002	41.127	0.13	13.252	0.322	0.002	41.355	0.07	7.136	0.173	0.002	41.355	0.07	7.136	0.173	0.002	41.282	0.00	0.000	0.000
0.50	0.003	41.199	0.39	39.755	0.965	0.003	41.427	0.21	21.407	0.517	0.003	41.427	0.21	21.407	0.517	0.003	41.355	0.07	7.136	0.173
0.75	0.005	41.271	0.79	80.530	1.951	0.005	41.500	0.48	48.930	1.179	0.005	41.500	0.48	48.930	1.179	0.005	41.427	0.21	21.407	0.517
1.00	0.007	41.344	1.16	118.247	2.860	0.007	41.573	0.75	76.453	1.839	0.007	41.573	0.75	76.453	1.839	0.007	41.500	0.48	48.930	1.179
1.25	0.009	41.417	1.54	156.983	3.790	0.009	41.647	1.00	101.937	2.448	0.009	41.647	1.00	101.937	2.448	0.009	41.573	0.75	76.453	1.839
1.50	0.010	41.490	1.85	188.583	4.545	0.010	41.720	1.28	130.479	3.127	0.010	41.720	1.28	130.479	3.127	0.010	41.647	1.00	101.937	2.448
1.75	0.012	41.564	2.09	213.048	5.126	0.012	41.794	1.49	151.886	3.634	0.012	41.794	1.49	151.886	3.634	0.012	41.720	1.28	130.479	3.127
2.00	0.014	41.637	2.49	253.823	6.096	0.014	41.868	1.74	177.370	4.236	0.014	41.868	1.74	177.370	4.236	0.014	41.794	1.49	151.886	3.634
2.25	0.016	41.711	3.05	310.907	7.454	0.016	41.943	2.01	204.893	4.885	0.016	41.943	2.01	204.893	4.885	0.016	41.868	1.74	177.370	4.236
2.50	0.017	41.786	3.54	360.856	8.636	0.017	42.018	2.23	227.319	5.410	0.017	42.018	2.23	227.319	5.410	0.017	41.943	2.01	204.893	4.885
2.75	0.019	41.860	3.74	381.244	9.108	0.019	42.093	2.85	290.520	6.902	0.019	42.093	2.85	290.520	6.902	0.019	42.018	2.23	227.319	5.410
3.00	0.021	41.935	3.84	391.437	9.334	0.021	42.168	3.66	373.089	8.848	0.021	42.168	3.66	373.089	8.848	0.021	42.093	2.85	290.520	6.902
3.25	0.023	42.010	3.54	360.856	8.590	0.023	42.243	3.91	398.573	9.435	0.023	42.243	3.91	398.573	9.435	0.023	42.168	3.66	373.089	8.848
3.50	0.024	42.085	3.20	326.198	7.751	0.024	42.319	3.60	366.972	8.672	0.024	42.319	3.60	366.972	8.672	0.024	42.243	3.91	398.573	9.435
3.75						0.026	42.395	3.44	350.663	8.271	0.026	42.395	3.44	350.663	8.271	0.026	42.319	3.60	366.972	8.672
4.00						0.028	42.471	2.80	285.423	6.720	0.028	42.471	2.80	285.423	6.720	0.028	42.395	3.44	350.663	8.271

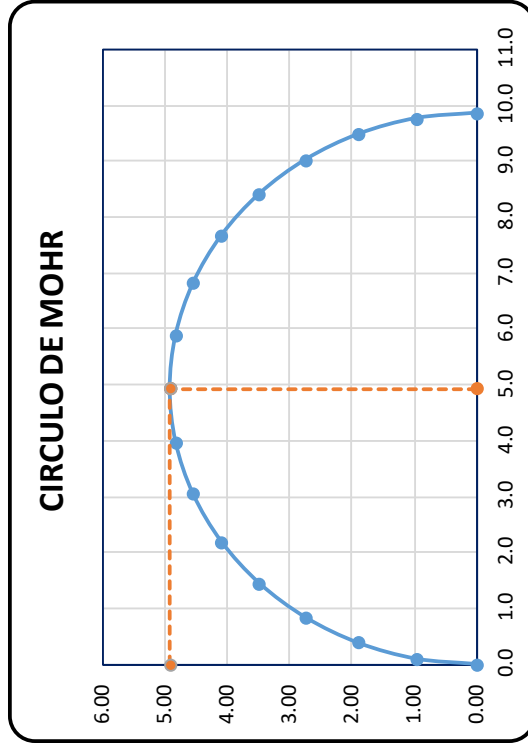
RESULTADOS:



Especimen B-01	
qmax=	9.334 kg/cm ²
cohesión=	4.67 kg/cm ²

Especimen B-02	
qmax=	9.435 kg/cm ²
cohesión=	4.72 kg/cm ²

Especimen B-03	
qmax=	10.797 kg/cm ²
cohesión=	5.40 kg/cm ²



RESULTADO FINAL	
Promedio qmax=	9.86 kg/cm ²
Cohesión=	4.928 kg/cm ²



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACION DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

UBICACIÓN: DISTRITO DE KELLUYO

CANTERA: CHIPANA

MUESTRA: TRATADA CON CLORURO DE CALCIO AL 1.0%

FECHA: 01/07/2019

Velocidad de carga (mm/mir 0.50

Presion de celda σ_3 (kg/cm² 0.00

Estado del Suelo: natural congelado

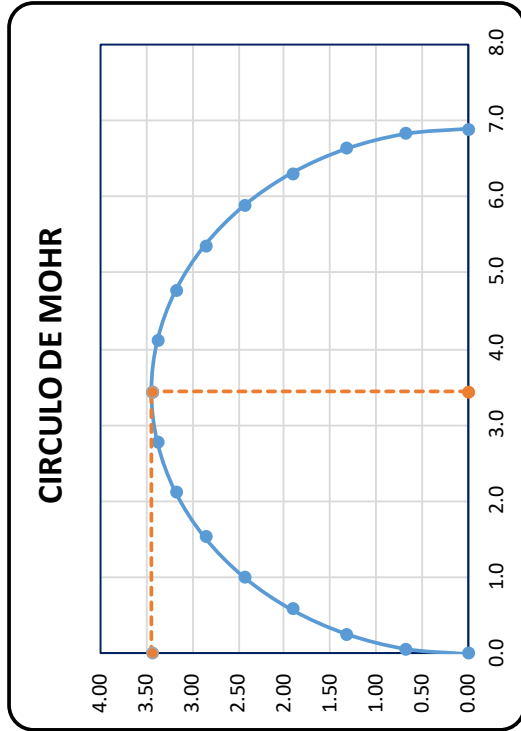
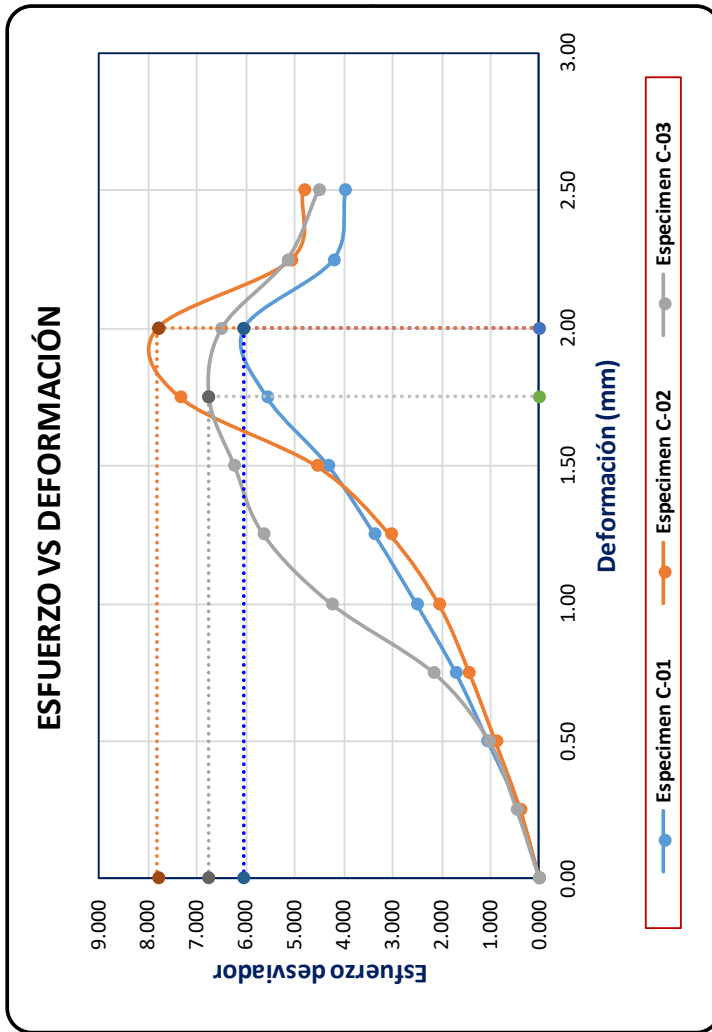
Tipo de muestra: remoldeado

DATOS DE LA MUESTRA

Datos	Especimen C-01	Especimen C-02	Especimen C-03
Peso (g)	1191.00	1173.00	1219.00
Diametro (cm)	7.25	7.28	7.27
Altura (cm)	14.31	14.30	14.29
Area (cm ²)	41.28	41.62	41.51
Densidad (g/cm ³)	2.02	1.97	2.06
Humedad (W %)	8.20	8.20	8.20

Deformación	Especimen C-01					Especimen C-02					Especimen C-03				
	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corregida $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (kN)	Carga (kg)	Esfuerzo o corte $\sigma = P / A'$	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corregida $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (kN)	Carga (kg)	Esfuerzo o corte $\sigma = P / A'$	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corregida $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (kN)	Carga (kg)	Esfuerzo o corte $\sigma = P / A'$
0.00	0.000	41.282	0.00	0.000	0.000	0.000	41.625	0.00	0.000	0.000	0.000	41.511	0.00	0.000	0.000
0.25	0.002	41.355	0.17	17.329	0.419	0.002	41.698	0.16	16.310	0.391	0.002	41.583	0.19	19.368	0.466
0.50	0.003	41.427	0.43	43.833	1.058	0.003	41.771	0.37	37.717	0.903	0.003	41.656	0.42	42.813	1.028
0.75	0.005	41.500	0.70	71.356	1.719	0.005	41.844	0.59	60.143	1.437	0.005	41.730	0.89	90.724	2.174
1.00	0.007	41.573	1.03	104.995	2.526	0.007	41.918	0.85	86.646	2.067	0.007	41.803	1.75	178.389	4.267
1.25	0.009	41.646	1.38	140.673	3.378	0.009	41.992	1.26	128.440	3.059	0.009	41.877	2.32	236.493	5.647
1.50	0.010	41.720	1.77	180.428	4.325	0.010	42.066	1.88	191.641	4.556	0.010	41.951	2.57	261.978	6.245
1.75	0.012	41.794	2.29	233.435	5.585	0.012	42.141	3.04	309.888	7.354	0.012	42.025	2.79	284.404	6.767
2.00	0.014	41.868	2.49	253.823	6.063	0.014	42.215	3.24	330.275	7.824	0.014	42.100	2.69	274.210	6.513
2.25	0.016	41.942	1.74	177.370	4.229	0.016	42.290	2.11	215.087	5.086	0.016	42.175	2.14	218.145	5.172
2.50	0.017	42.017	1.64	167.176	3.979	0.017	42.366	2.01	204.893	4.836	0.017	42.250	1.88	191.641	4.536
2.75															
3.00															
3.25															
3.50															
3.75															
4.00															

RESULTADOS:



RESULTADO FINAL

Promedio qmax=	6.88	kg/cm ²
Cohesión=	3.442	kg/cm ²

Especimen C-01		
qmax=	6.063	kg/cm ²
cohesión=	3.03	kg/cm ²

Especimen C-02		
qmax=	7.824	kg/cm ²
cohesión=	3.91	kg/cm ²

Especimen C-03		
qmax=	6.767	kg/cm ²
cohesión=	3.38	kg/cm ²



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

UBICACIÓN: DISTRITO DE KELLUYO

CANTERA: CHIPANA

MUESTRA: TRATADA CON CLORURO DE CALCIO AL 1.5%

FECHA: 1/07/2019

Velocidad de carga (mm/min): 0.50

Presion de celda σ_3 (kg/cm²): 0.00

Estado del Suelo: natural congelado

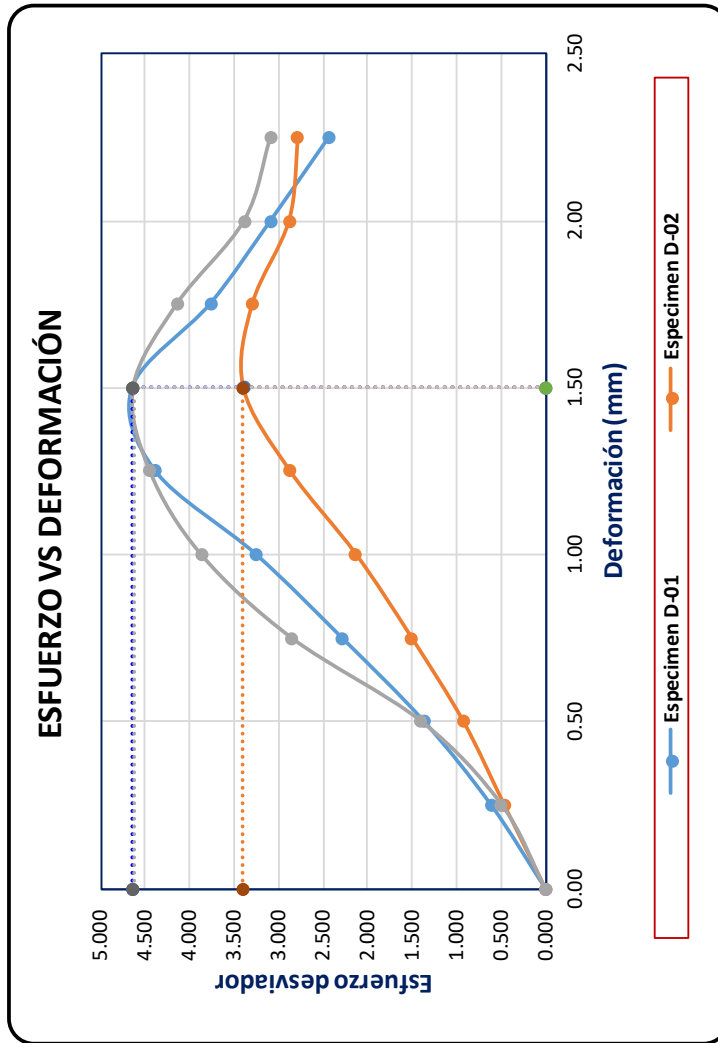
Tipo de muestra: remoldeado

DATOS DE LA MUESTRA

Datos	Especimen D-01	Especimen D-02	Especimen D-03
Peso (g)	1190.00	1201.00	1195.00
Diámetro (cm)	7.29	7.30	7.28
Altura (cm)	14.30	14.32	14.31
Area (cm ²)	41.74	41.85	41.62
Densidad (g/cm ³)	1.99	2.00	2.01
Humedad (W %)	7.90	7.90	7.90

Deformación	Especimen D-01						Especimen D-02						Especimen D-03					
	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corregida $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (kN)	Carga (kg)	Esfuerzo o corte $\sigma = P / A'$		Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corregida $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (kN)	Carga (kg)	Esfuerzo o corte $\sigma = P / A'$		Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corregida $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (kN)	Carga (kg)	Esfuerzo o corte $\sigma = P / A'$	
0.00	0.000	41.739	0.00	0.000	0.000		0.000	41.854	0.00	0.000	0.000		0.000	41.625	0.00	0.000	0.000	
0.25	0.002	41.812	0.25	25.484	0.609		0.002	41.927	0.19	19.368	0.462		0.002	41.698	0.20	20.387	0.489	
0.50	0.003	41.886	0.56	57.085	1.363		0.003	42.001	0.38	38.736	0.922		0.003	41.771	0.57	58.104	1.391	
0.75	0.005	41.959	0.94	95.821	2.284		0.005	42.074	0.62	63.201	1.502		0.005	41.844	1.17	119.266	2.850	
1.00	0.007	42.033	1.34	136.595	3.250		0.007	42.148	0.88	89.704	2.128		0.007	41.918	1.59	162.080	3.867	
1.25	0.009	42.107	1.81	184.506	4.382		0.009	42.222	1.19	121.305	2.873		0.009	41.992	1.83	186.544	4.442	
1.50	0.010	42.182	1.92	195.719	4.640		0.010	42.297	1.41	143.731	3.398		0.010	42.066	1.91	194.699	4.628	
1.75	0.012	42.256	1.56	159.021	3.763		0.012	42.372	1.37	139.653	3.296		0.012	42.140	1.71	174.312	4.136	
2.00	0.014	42.331	1.28	130.479	3.082		0.014	42.447	1.20	122.324	2.882		0.014	42.215	1.40	142.712	3.381	
2.25	0.016	42.407	1.01	102.956	2.428		0.016	42.522	1.16	118.247	2.781		0.016	42.290	1.28	130.479	3.085	
2.50																		
2.75																		
3.00																		
3.25																		
3.50																		
3.75																		
4.00																		

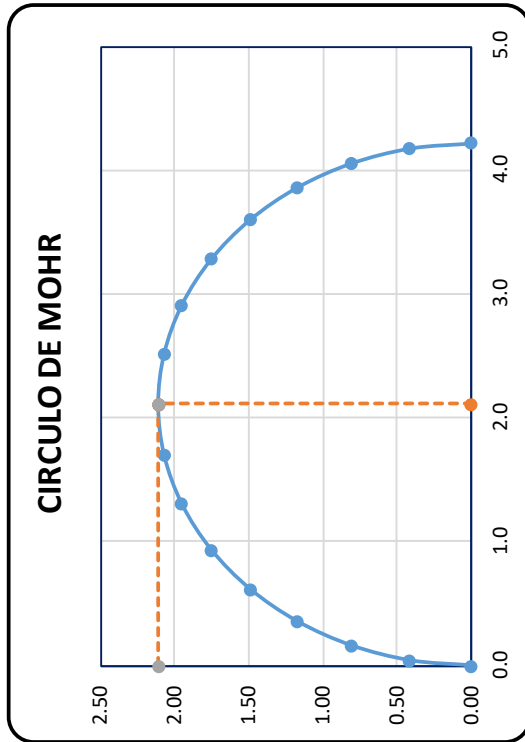
RESULTADOS:



Especimen D-01	
qmax=	4.640 kg/cm ²
cohesión=	2.32 kg/cm ²

Especimen D-02	
qmax=	3.398 kg/cm ²
cohesión=	1.70 kg/cm ²

Especimen D-03	
qmax=	4.628 kg/cm ²
cohesión=	2.31 kg/cm ²



RESULTADO FINAL	
Promedio qmax=	4.22 kg/cm ²
Cohesión=	2.111 kg/cm ²



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

UBICACIÓN: DISTRITO DE KELLUYO

CANTERA: CHIPANA

MUESTRA: TRATADA CON ACEITE SULFONADO AL 0.15%

FECHA: 1/07/2019

Velocidad de carga (mm/min): 0.50

Presion de celda σ_3 (kg/cm²): 0.00

Estado del Suelo: natural congelado

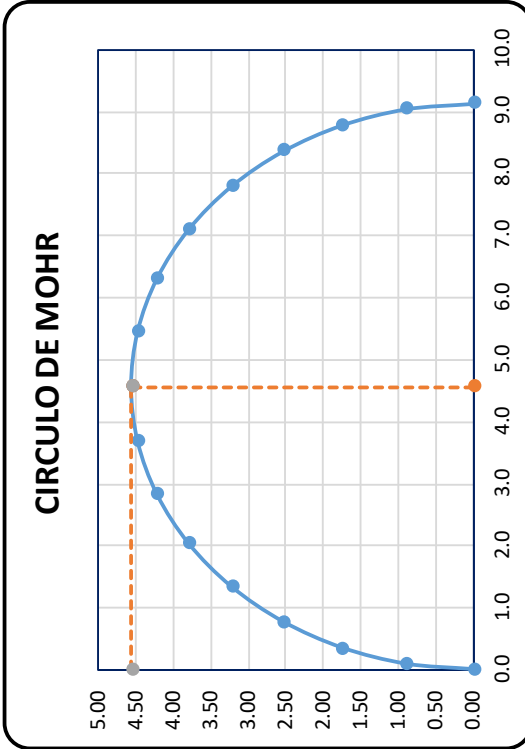
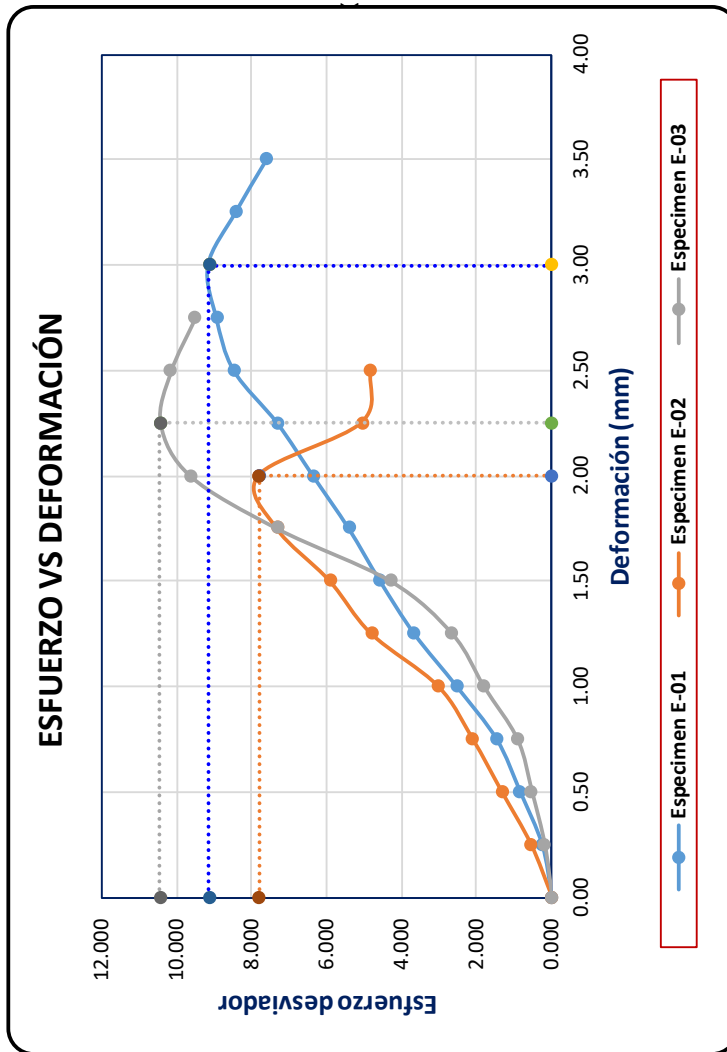
Tipo de muestra: remoldeado

DATOS DE LA MUESTRA

Datos	Especimen E-01	Especimen E-02	Especimen E-03
Peso (g)	1196	1191.00	1201.00
Diametro (cm)	7.3	7.29	7.29
Altura (cm)	14.3	14.28	14.29
Area (cm ²)	41.85	41.74	41.74
Densidad (g/cm ³)	2.00	2.00	2.01
Humedad (W %)	8.55	8.55	8.55

Deformación	Especimen E-01						Especimen E-02						Especimen E-03							
	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corregida $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (kg)	Esfuerzo o corte $\sigma = P / A'$	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corregida $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (kg)	Esfuerzo o corte $\sigma = P / A'$	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corregida $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (kg)	Esfuerzo o corte $\sigma = P / A'$	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corregida $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (kg)	Esfuerzo o corte $\sigma = P / A'$
0.00	0.000	41.854	0.00	0.000	0.000	0.000	41.739	0.00	0.000	0.000	0.000	41.739	0.00	0.000	0.000	41.739	0.00	0.000	0.000	0.000
0.25	0.002	41.927	0.11	11.213	0.267	0.002	41.812	0.23	23.445	0.561	0.002	41.812	0.23	23.445	0.561	0.002	41.812	0.08	8.155	0.195
0.50	0.003	42.001	0.35	35.678	0.849	0.004	41.886	0.55	56.065	1.339	0.004	41.886	0.55	56.065	1.339	0.003	41.886	0.22	22.426	0.535
0.75	0.005	42.075	0.61	62.181	1.478	0.005	41.960	0.87	88.685	2.114	0.005	41.960	0.87	88.685	2.114	0.005	41.959	0.38	38.736	0.923
1.00	0.007	42.149	1.05	107.034	2.539	0.007	42.034	1.25	127.421	3.031	0.007	42.034	1.25	127.421	3.031	0.007	42.033	0.75	76.453	1.819
1.25	0.009	42.223	1.52	154.944	3.670	0.009	42.108	1.99	202.854	4.817	0.009	42.108	1.99	202.854	4.817	0.009	42.108	1.10	112.130	2.663
1.50	0.010	42.298	1.90	193.680	4.579	0.011	42.182	2.45	249.745	5.921	0.011	42.182	2.45	249.745	5.921	0.010	42.182	1.78	181.448	4.302
1.75	0.012	42.372	2.25	229.358	5.413	0.012	42.257	3.04	309.888	7.333	0.012	42.257	3.04	309.888	7.333	0.012	42.257	3.04	309.888	7.333
2.00	0.014	42.448	2.65	270.133	6.364	0.014	42.332	3.24	330.275	7.802	0.014	42.332	3.24	330.275	7.802	0.014	42.332	4.01	408.767	9.656
2.25	0.016	42.523	3.05	310.907	7.312	0.016	42.407	2.11	215.087	5.072	0.016	42.407	2.11	215.087	5.072	0.016	42.407	4.35	443.425	10.456
2.50	0.017	42.599	3.54	360.856	8.471	0.018	42.483	2.01	204.893	4.823	0.018	42.483	2.01	204.893	4.823	0.017	42.482	4.24	432.212	10.174
2.75	0.019	42.675	3.74	381.244	8.934	0.019	42.558	3.20	326.198	7.603	0.019	42.558	3.20	326.198	7.603	0.019	42.558	3.98	405.708	9.533
3.00	0.021	42.751	3.84	391.437	9.156															
3.25	0.023	42.827	3.54	360.856	8.426															
3.50	0.024	42.904	3.20	326.198	7.603															
3.75																				
4.00																				

RESULTADOS:



RESULTADO FINAL

Promedio qmax=	9.14	kg/cm²
Cohesión=	4.569	kg/cm²

Especímen E-01		
qmax=	9.156	kg/cm²
cohesión=	4.58	kg/cm²

Especímen E-03		
qmax=	10.456	kg/cm²
cohesión=	5.23	kg/cm²

Especímen E-02		
qmax=	7.802	kg/cm²
cohesión=	3.90	kg/cm²



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

UBICACIÓN: DISTRITO DE KELLUYO
CANTERA: CHIPANA
MUESTRA: TRATADA CON ACEITE SULFONADO AL 0.30%
FECHA: 1/07/2019

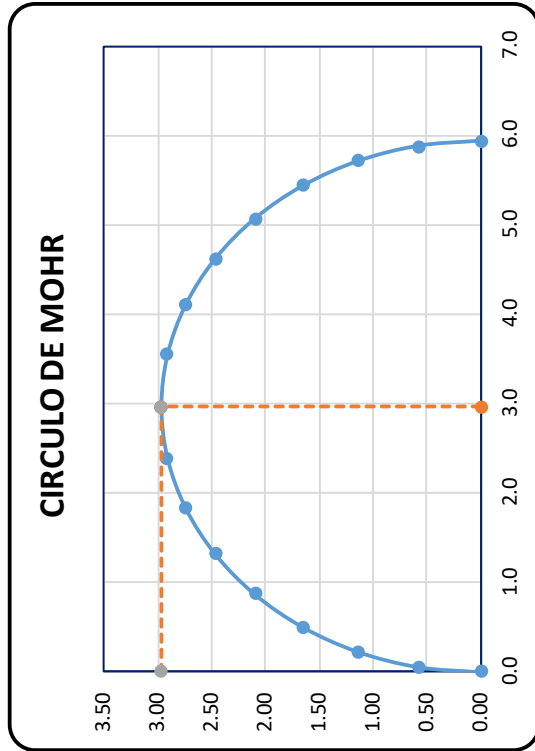
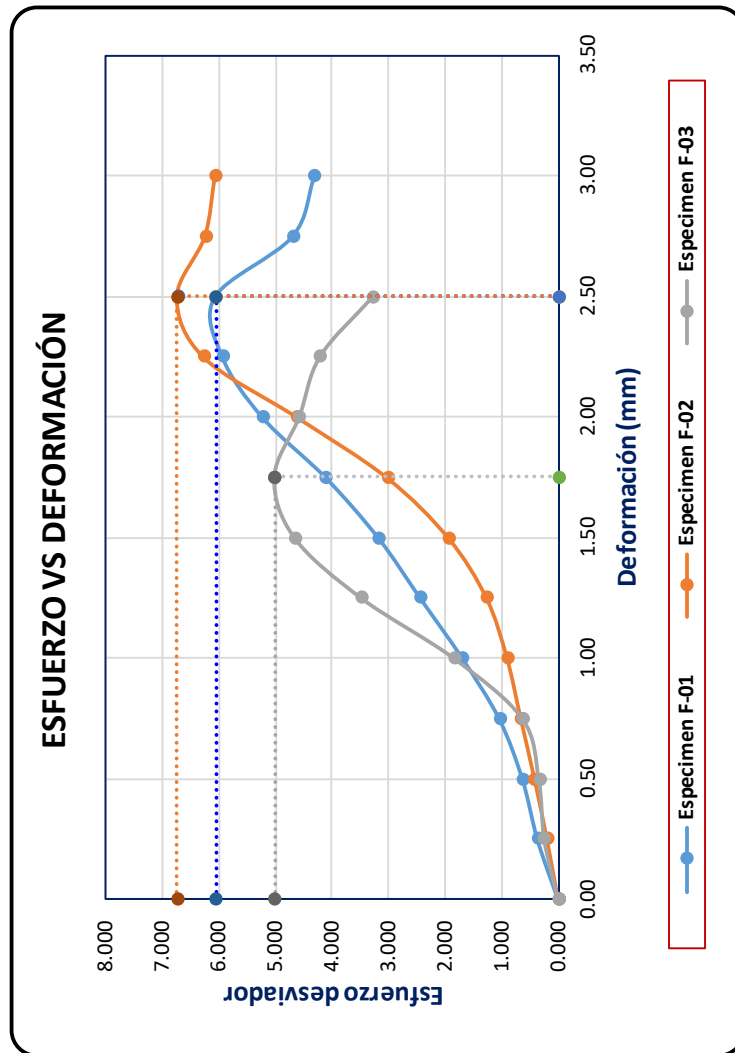
Velocidad de carga (mm/min): 0.50 Estado del Suelo: natural congelado
Presion de celda σ_3 (kg/cm²): 0.00 Tipo de muestra: remoldeado

DATOS DE LA MUESTRA

Datos	Especimen F-01	Especimen F-02	Especimen F-03
Peso (g)	1206.00	1186.00	1189.00
Diametro (cm)	7.31	7.28	7.29
Altura (cm)	14.28	14.30	14.31
Area (cm ²)	41.97	41.62	41.74
Densidad (g/cm ³)	2.01	1.99	1.99
Humedad (W %)	8.30	8.30	8.30

Deformación	Especimen F-01					Especimen F-02					Especimen F-03				
	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corregida $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (kg)	Esfuerzo o corte $\sigma = P / A'$	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corregida $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (kg)	Esfuerzo o corte $\sigma = P / A'$	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corregida $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (kg)	Esfuerzo o corte $\sigma = P / A'$
0.00	0.000	41.969	0.00	0.000	0.000	41.625	0.00	0.000	0.000	0.000	41.739	0.00	0.000	0.000	
0.25	0.002	42.042	0.15	15.291	0.364	41.698	0.08	8.155	0.196	0.002	41.812	0.10	10.194	0.244	
0.50	0.004	42.116	0.26	26.504	0.629	41.771	0.17	17.329	0.415	0.003	41.886	0.14	14.271	0.341	
0.75	0.005	42.190	0.43	43.833	1.039	41.844	0.27	27.523	0.658	0.005	41.959	0.26	26.504	0.632	
1.00	0.007	42.265	0.70	71.356	1.688	41.918	0.37	37.717	0.900	0.007	42.033	0.76	77.472	1.843	
1.25	0.009	42.339	1.01	102.956	2.432	41.992	0.52	53.007	1.262	0.009	42.107	1.44	146.789	3.486	
1.50	0.011	42.414	1.32	134.557	3.172	42.066	0.80	81.549	1.939	0.010	42.181	1.93	196.738	4.664	
1.75	0.012	42.489	1.71	174.312	4.102	42.141	1.25	127.421	3.024	0.012	42.256	2.08	212.029	5.018	
2.00	0.014	42.565	2.18	222.222	5.221	42.215	1.91	194.699	4.612	0.014	42.331	1.90	193.680	4.575	
2.25	0.016	42.640	2.48	252.803	5.929	42.290	2.60	265.036	6.267	0.016	42.406	1.75	178.389	4.207	
2.50	0.018	42.716	2.54	258.919	6.061	42.366	2.80	285.423	6.737	0.017	42.481	1.36	138.634	3.263	
2.75	0.019	42.793	1.97	200.815	4.693	42.441	2.60	265.036	6.245	0.019					
3.00	0.021	42.869	1.81	184.506	4.304	42.517	2.53	257.900	6.066	0.021					
3.25															
3.50															
3.75															
4.00															

RESULTADOS:





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE

UBICACIÓN: DISTRITO DE KELLUYO

CANTERA: CHIPANA

MUESTRA: TRATADA CON ACEITE SULFONADO AL 0.50%

FECHA: 1/07/2019

Velocidad de carga (mm/min): 0.50

Presion de celda σ_3 (kg/cm²): 0.00

Estado del Suelo: natural congelado

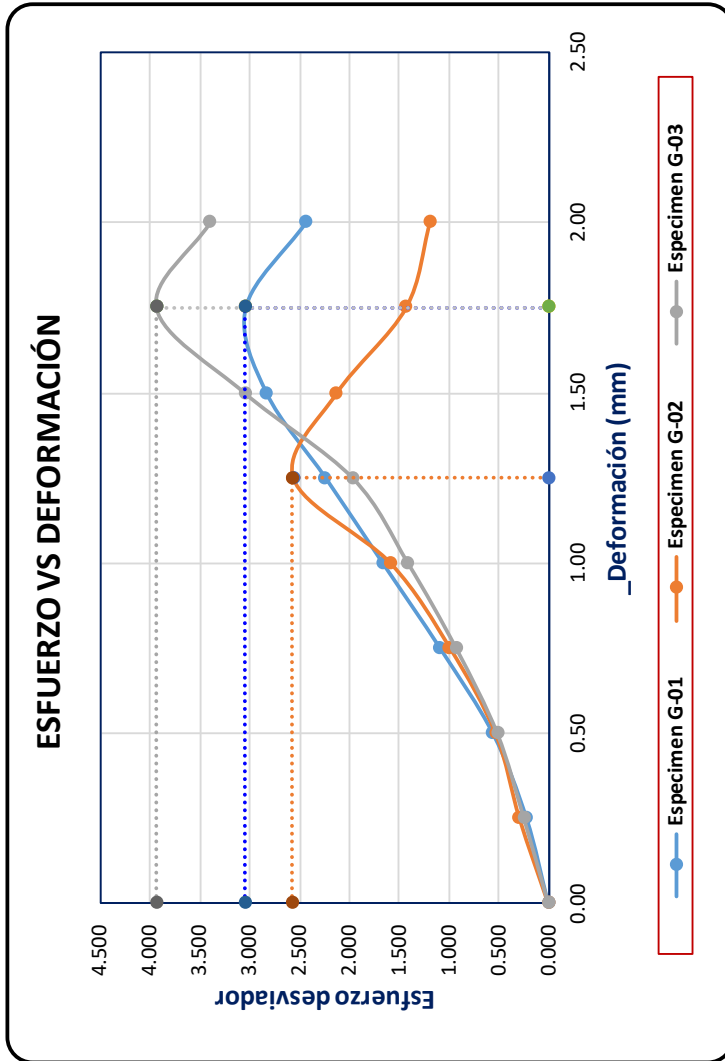
Tipo de muestra: remoldeado

DATOS DE LA MUESTRA

Datos	Especimen G-01	Especimen G-02	Especimen G-03
Peso (g)	1199.00	1203.00	1196.00
Diametro (cm)	7.31	7.32	7.29
Altura (cm)	14.29	14.28	14.30
Area (cm ²)	41.97	42.08	41.74
Densidad (g/cm ³)	2.00	2.00	2.00
Humedad (W %)	8.10	8.10	8.10

Deformación	Especimen G-01					Especimen G-02					Especimen G-03				
	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corregida $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (kg)	Esfuerzo o corte $\sigma = P / A'$	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corregida $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (kg)	Esfuerzo o corte $\sigma = P / A'$	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corregida $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Lectura Carga (KN)	Carga (kg)	Esfuerzo o corte $\sigma = P / A'$
0.00	0.000	41.969	0.00	0.000	0.000	0.000	42.084	0.00	0.000	0.000	41.739	0.00	0.000	0.000	
0.25	0.002	42.042	0.09	9.174	0.218	0.002	42.157	0.12	12.232	0.290	0.002	41.812	0.10	10.194	0.244
0.50	0.003	42.116	0.23	23.445	0.557	0.004	42.231	0.22	22.426	0.531	0.003	41.886	0.21	21.407	0.511
0.75	0.005	42.190	0.45	45.872	1.087	0.005	42.306	0.41	41.794	0.988	0.005	41.959	0.38	38.736	0.923
1.00	0.007	42.264	0.69	70.336	1.664	0.007	42.380	0.66	67.278	1.587	0.007	42.033	0.58	59.123	1.407
1.25	0.009	42.339	0.93	94.801	2.239	0.009	42.455	1.07	109.072	2.569	0.009	42.107	0.81	82.569	1.961
1.50	0.010	42.414	1.18	120.285	2.836	0.011	42.530	0.89	90.724	2.133	0.010	42.182	1.26	128.440	3.045
1.75	0.012	42.489	1.27	129.460	3.047	0.012	42.606	0.60	61.162	1.436	0.012	42.256	1.63	166.157	3.932
2.00	0.014	42.564	1.02	103.976	2.443	0.014	42.681	0.50	50.968	1.194	0.014	42.331	1.41	143.731	3.395
2.25															
2.50															
2.75															
3.00															
3.25															
3.50															
3.75															
4.00															

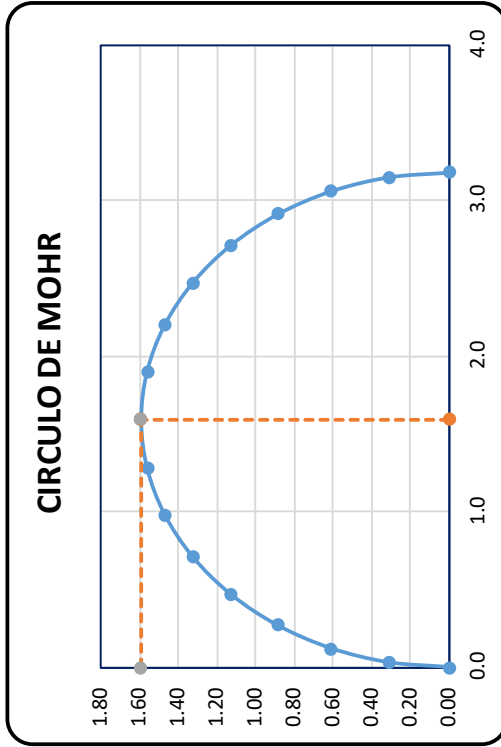
RESULTADOS:



<u>Especimen G-01</u>	
qmax=	3.047 kg/cm ²
cohesión=	1.52 kg/cm ²

<u>Especimen G-03</u>	
qmax=	3.932 kg/cm ²
cohesión=	1.97 kg/cm ²

<u>Especimen G-02</u>	
qmax=	2.569 kg/cm ²
cohesión=	1.28 kg/cm ²



<u>RESULTADO FINAL</u>	
Promedio qmax=	3.18 kg/cm ²
Cohesión=	1.591 kg/cm ²



Anexo G

Ensayos de triaxial realizados a la cantera Chipana

Muestras tratadas y no tratadas en estado no congelado



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



PROYECTO:

INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACION DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

COMPRESION TRIAXIAL (UU)

(ASTM D 2850-95 / AASTHO T296-94)

UBICACIÓN: DISTRITO DE KELLUYO
CANTERA: CHIPANA
ADITIVO SIN ADITIVO
FECHA: 29/03/2019

Velocidad de carga (mm/min)	0.50
Presion de celda o3 (kg/cm ²)	0.523

Estado de suelo:	Natural
Tipo de muestra:	Alterado -compactada

DATOS DE LA MUESTRA

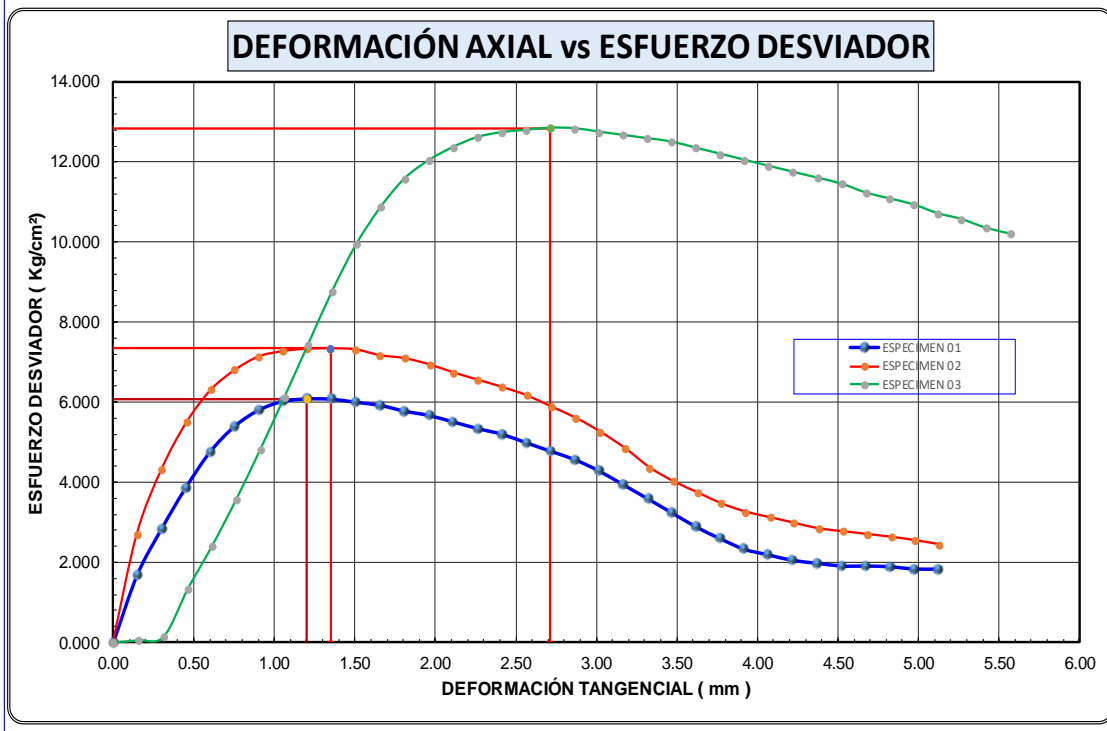
Datos	Especimen 01	Especimen 02	Especimen 03
Peso (g)	1234.48	1232.45	1223.51
Diametro (cm)	7.21	7.25	7.20
Area (cm ²)	40.83	41.28	40.72
Altura (cm)	14.26	14.30	14.25
Densidad (g/cm ³)	2.12	2.09	2.11
Humedad (W %)	9.10	9.10	9.10



ESPECIMEN 01									
Deformación (mm)	Deformación Unitaria.	Area corr. (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo Desviador		p (kg/cm ²)	q	q/p	oblicuidad
ΔL	$\epsilon = \Delta L / L_0$	$A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	P	$\sigma = P / A'$	$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma$	$p = (\sigma_1 + \sigma_3) / 2$	$q = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2$		(σ_1 / σ_3)
0.00	0.0000	40.83	0.00	0.000	0.52	0.52	0.00	0.00	1.00
0.15	0.0010	40.87	69.16	1.692	2.22	1.37	0.85	0.62	4.24
0.30	0.0021	40.91	116.71	2.853	3.38	1.95	1.43	0.73	6.45
0.45	0.0032	40.96	158.50	3.870	4.39	2.46	1.93	0.79	8.40
0.60	0.0042	41.00	195.38	4.765	5.29	2.91	2.38	0.82	10.11
0.75	0.0053	41.05	221.90	5.406	5.93	3.23	2.70	0.84	11.34
0.90	0.0063	41.09	238.61	5.807	6.33	3.43	2.90	0.85	12.10
1.05	0.0074	41.13	247.83	6.025	6.55	3.54	3.01	0.85	12.52
1.20	0.0084	41.18	250.71	6.089	6.61	3.57	3.04	0.85	12.64
1.35	0.0095	41.22	250.71	6.082	6.61	3.56	3.04	0.85	12.63
1.50	0.0105	41.26	247.83	6.006	6.53	3.53	3.00	0.85	12.48
1.65	0.0116	41.31	244.95	5.930	6.45	3.49	2.96	0.85	12.34
1.81	0.0127	41.35	239.19	5.784	6.31	3.42	2.89	0.85	12.06
1.96	0.0138	41.40	234.86	5.673	6.20	3.36	2.84	0.84	11.85
2.11	0.0148	41.44	228.52	5.514	6.04	3.28	2.76	0.84	11.54
2.26	0.0159	41.49	221.90	5.349	5.87	3.20	2.67	0.84	11.23
2.41	0.0169	41.53	216.13	5.204	5.73	3.13	2.60	0.83	10.95
2.57	0.0180	41.58	207.49	4.991	5.51	3.02	2.50	0.83	10.54
2.72	0.0191	41.62	198.84	4.777	5.30	2.91	2.39	0.82	10.13
2.87	0.0201	41.67	190.20	4.565	5.09	2.81	2.28	0.81	9.73
3.02	0.0212	41.71	178.67	4.284	4.81	2.66	2.14	0.80	9.19
3.17	0.0222	41.76	164.26	3.934	4.46	2.49	1.97	0.79	8.52
3.32	0.0233	41.80	149.85	3.585	4.11	2.32	1.79	0.77	7.85
3.47	0.0243	41.85	135.44	3.237	3.76	2.14	1.62	0.76	7.19
3.62	0.0254	41.89	121.03	2.889	3.41	1.97	1.44	0.73	6.52
3.77	0.0264	41.94	108.93	2.598	3.12	1.82	1.30	0.71	5.97
3.92	0.0275	41.98	97.98	2.334	2.86	1.69	1.17	0.69	5.46
4.06	0.0285	42.03	92.22	2.194	2.72	1.62	1.10	0.68	5.20
4.22	0.0296	42.07	86.45	2.055	2.58	1.55	1.03	0.66	4.93
4.37	0.0306	42.12	83.57	1.984	2.51	1.52	0.99	0.65	4.79
4.52	0.0317	42.16	80.69	1.914	2.44	1.48	0.96	0.65	4.66
4.67	0.0327	42.21	80.69	1.912	2.43	1.48	0.96	0.65	4.66
4.82	0.0338	42.26	80.11	1.896	2.42	1.47	0.95	0.64	4.62
4.97	0.0349	42.30	77.81	1.839	2.36	1.44	0.92	0.64	4.52
5.12	0.0359	42.35	77.81	1.837	2.36	1.44	0.92	0.64	4.51

RESULTADOS:

qmax=	6.089	kg/cm ²	qmax=	7.350	kg/cm ²	qmax=	12.845	kg/cm ²
deformación unit	1.20	mm	deformación unit	1.35	mm	deformación unit	2.71	mm



Observaciones : Especimen 01

Esfuerzo de Falla :	$\sigma_{\pi} =$	6.089	Kg/cm ²
Esfuerzo :	$\sigma_1 =$	6.612	Kg/cm ²
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 =$	0.523	Kg/cm ²
Origen :	$O_1 =$	3.567	Kg/cm ²
Radio :	$R_1 =$	3.044	Kg/cm ²

Observaciones : Especimen 02

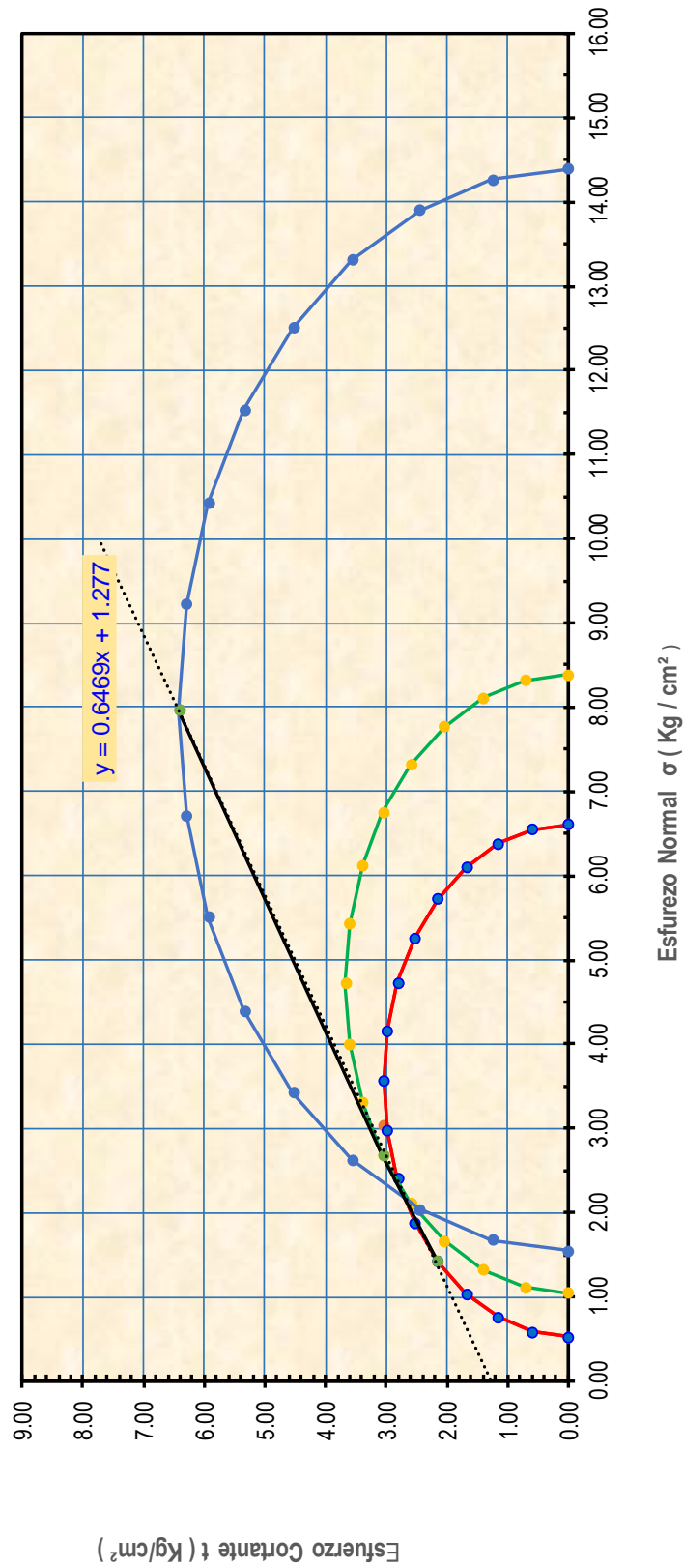
Esfuerzo de Falla :	$\sigma_{\pi} =$	7.350	Kg/cm ²
Esfuerzo :	$\sigma_1 =$	8.391	Kg/cm ²
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 =$	1.041	Kg/cm ²
Origen :	$O_1 =$	4.716	Kg/cm ²
Radio :	$R_1 =$	3.675	Kg/cm ²

Observaciones : Especimen 03

Esfuerzo de Falla :	$\sigma_{\pi} =$	12.845	Kg/cm ²
Esfuerzo :	$\sigma_1 =$	14.391	Kg/cm ²
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 =$	1.546	Kg/cm ²
Origen :	$O_1 =$	7.968	Kg/cm ²
Radio :	$R_1 =$	6.422	Kg/cm ²

Cohesion=	1.2770	kg/cm ²
Angulo de friccion=	32.90	grados

CIRCULO DE MORH





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



PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACION DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

COMPRESION TRIAXIAL (UU)

(ASTM D 2850-95 / AASTHO T296-94)

UBICACIÓN: DISTRITO DE KELLUYO
CANTERA: CHIPANA
ADITIVO 0.50% CLORURO DE CALCIO
FECHA: 29/03/2019

Velocidad de carga (mm/min)	0.50
Presion de celda σ_3 (kg/cm ²)	0.533

Estado de suelo:	Natural
Tipo de muestra:	Alterado -compactada

DATOS DE LA MUESTRA

Datos	Especimen 01	Especimen 02	Especimen 03
Peso (g)	1217.70	1222.10	1229.86
Diametro (cm)	7.22	7.18	7.19
Area (cm ²)	40.94	40.49	40.60
Altura (cm)	14.30	14.34	14.25
Densidad (g/cm ³)	2.08	2.10	2.13
Humedad (W %)	8.70	8.70	8.70



ESPECIMEN 01

Deformación (mm) ΔL	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corr. (cm ²) $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Carga (kg) P	Esfuerzo Desviador $\sigma = P / A'$	$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma$	p (kg/cm ²) $p = (\sigma_1 + \sigma_3) / 2$	q $q = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2$	q/p	oblicuidad (σ_1 / σ_3)
0.00	0.0000	40.94	0.00	0.000	0.53	0.53	0.00	0.00	1.00
0.15	0.0011	40.99	29.68	0.724	1.26	0.90	0.36	0.40	2.36
0.30	0.0021	41.03	55.62	1.356	1.89	1.21	0.68	0.56	3.54
0.45	0.0032	41.07	93.08	2.266	2.80	1.67	1.13	0.68	5.25
0.60	0.0042	41.11	128.24	3.119	3.65	2.09	1.56	0.75	6.85
0.75	0.0053	41.16	168.01	4.082	4.61	2.57	2.04	0.79	8.66
0.90	0.0063	41.20	202.59	4.917	5.45	2.99	2.46	0.82	10.22
1.05	0.0074	41.25	231.40	5.610	6.14	3.34	2.81	0.84	11.53
1.20	0.0084	41.29	251.58	6.093	6.63	3.58	3.05	0.85	12.43
1.35	0.0095	41.33	265.12	6.414	6.95	3.74	3.21	0.86	13.03
1.50	0.0105	41.38	273.19	6.603	7.14	3.83	3.30	0.86	13.39
1.65	0.0116	41.42	277.51	6.700	7.23	3.88	3.35	0.86	13.57
1.81	0.0127	41.47	280.39	6.762	7.30	3.91	3.38	0.86	13.69
1.96	0.0137	41.51	280.39	6.755	7.29	3.91	3.38	0.86	13.67
2.11	0.0147	41.55	280.39	6.748	7.28	3.91	3.37	0.86	13.66
2.26	0.0158	41.60	277.51	6.671	7.20	3.87	3.34	0.86	13.52
2.41	0.0169	41.64	273.77	6.574	7.11	3.82	3.29	0.86	13.33
2.56	0.0179	41.69	268.87	6.449	6.98	3.76	3.22	0.86	13.10
2.72	0.0190	41.73	263.10	6.304	6.84	3.69	3.15	0.86	12.83
2.87	0.0201	41.78	257.34	6.159	6.69	3.61	3.08	0.85	12.56
3.02	0.0211	41.83	251.58	6.015	6.55	3.54	3.01	0.85	12.29
3.17	0.0222	41.87	245.81	5.871	6.40	3.47	2.94	0.85	12.01
3.32	0.0232	41.91	240.05	5.727	6.26	3.40	2.86	0.84	11.74
3.47	0.0243	41.96	233.42	5.563	6.10	3.31	2.78	0.84	11.44
3.62	0.0253	42.01	226.22	5.385	5.92	3.23	2.69	0.83	11.10
3.78	0.0264	42.05	219.88	5.229	5.76	3.15	2.61	0.83	10.81
3.93	0.0275	42.10	214.11	5.086	5.62	3.08	2.54	0.83	10.54
4.08	0.0285	42.14	208.35	4.944	5.48	3.00	2.47	0.82	10.28
4.23	0.0296	42.19	202.59	4.802	5.33	2.93	2.40	0.82	10.01
4.38	0.0306	42.23	198.26	4.694	5.23	2.88	2.35	0.81	9.81
4.53	0.0317	42.28	193.94	4.587	5.12	2.83	2.29	0.81	9.61
4.68	0.0327	42.33	188.18	4.446	4.98	2.76	2.22	0.81	9.34
4.83	0.0338	42.37	185.30	4.373	4.91	2.72	2.19	0.80	9.20
4.98	0.0348	42.42	179.53	4.232	4.77	2.65	2.12	0.80	8.94
5.13	0.0359	42.47	176.65	4.160	4.69	2.61	2.08	0.80	8.80



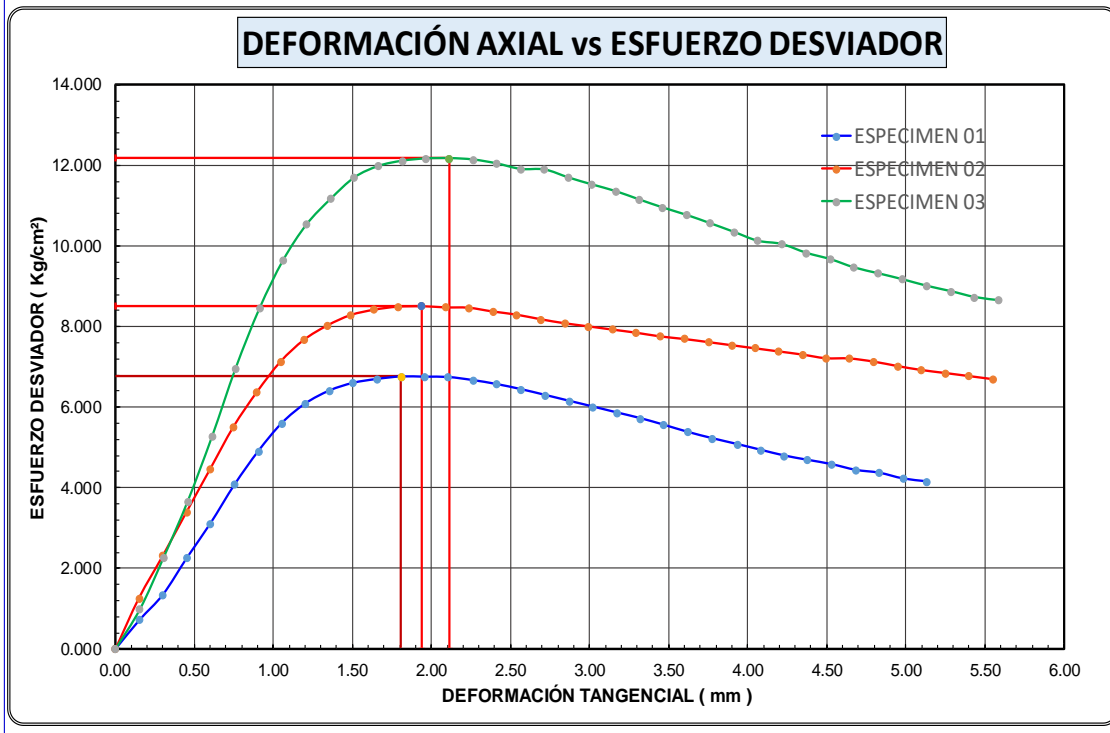
ESPECIMEN 03

Deformación (mm) ΔL	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corr. (cm ²) $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Carga (kg) P	Esfuerzo Desviador $\sigma = P / A'$	$\sigma_1 = \sigma / 3 + \sigma$	p (kg/cm ²) $p = (\sigma_1 + \sigma / 3) / 2$	q $q = (\sigma_1 - \sigma / 3) / 2$	q/p	oblicuidad (σ_1 / σ_3)
0.00	0.0000	40.60	0.00	0.000	1.52	1.52	0.00	0.00	1.00
0.16	0.0011	40.65	40.34	0.993	2.52	2.02	0.50	0.25	1.65
0.30	0.0021	40.69	92.22	2.266	3.79	2.66	1.13	0.43	2.49
0.46	0.0032	40.73	149.27	3.665	5.19	3.36	1.83	0.55	3.40
0.61	0.0043	40.78	215.56	5.286	6.81	4.17	2.64	0.63	4.47
0.76	0.0053	40.82	284.72	6.975	8.50	5.01	3.49	0.70	5.58
0.91	0.0064	40.86	345.81	8.463	9.99	5.76	4.23	0.74	6.55
1.06	0.0074	40.91	394.80	9.651	11.18	6.35	4.83	0.76	7.33
1.21	0.0085	40.95	431.69	10.542	12.07	6.79	5.27	0.78	7.92
1.36	0.0095	40.99	458.20	11.177	12.70	7.11	5.59	0.79	8.33
1.51	0.0106	41.04	480.68	11.713	13.24	7.38	5.86	0.79	8.69
1.66	0.0117	41.08	492.78	11.995	13.52	7.52	6.00	0.80	8.87
1.81	0.0127	41.13	498.54	12.123	13.65	7.59	6.06	0.80	8.95
1.96	0.0138	41.17	501.43	12.180	13.70	7.61	6.09	0.80	8.99
2.11	0.0148	41.21	502.29	12.188	13.71	7.62	6.09	0.80	9.00
2.26	0.0159	41.26	501.43	12.154	13.68	7.60	6.08	0.80	8.97
2.41	0.0169	41.30	497.97	12.057	13.58	7.55	6.03	0.80	8.91
2.56	0.0180	41.35	492.78	11.919	13.44	7.48	5.96	0.80	8.82
2.71	0.0190	41.39	492.78	11.906	13.43	7.48	5.95	0.80	8.81
2.87	0.0201	41.44	485.00	11.705	13.23	7.38	5.85	0.79	8.68
3.01	0.0212	41.48	478.37	11.533	13.06	7.29	5.77	0.79	8.57
3.16	0.0222	41.52	472.03	11.368	12.89	7.21	5.68	0.79	8.46
3.31	0.0232	41.57	463.96	11.162	12.69	7.10	5.58	0.79	8.32
3.46	0.0243	41.61	456.18	10.963	12.49	7.01	5.48	0.78	8.19
3.61	0.0253	41.66	448.98	10.778	12.30	6.91	5.39	0.78	8.07
3.76	0.0264	41.70	440.91	10.573	12.10	6.81	5.29	0.78	7.94
3.91	0.0275	41.75	432.26	10.354	11.88	6.70	5.18	0.77	7.79
4.06	0.0285	41.79	423.62	10.136	11.66	6.59	5.07	0.77	7.65
4.21	0.0296	41.84	420.74	10.056	11.58	6.55	5.03	0.77	7.60
4.37	0.0306	41.89	412.09	9.838	11.36	6.44	4.92	0.76	7.46
4.52	0.0317	41.93	405.75	9.676	11.20	6.36	4.84	0.76	7.35
4.67	0.0328	41.98	397.68	9.474	11.00	6.26	4.74	0.76	7.22
4.83	0.0339	42.03	391.92	9.326	10.85	6.19	4.66	0.75	7.12
4.98	0.0349	42.07	386.15	9.178	10.70	6.11	4.59	0.75	7.02
5.13	0.0360	42.12	379.82	9.018	10.54	6.03	4.51	0.75	6.92
5.28	0.0371	42.17	374.63	8.885	10.41	5.97	4.44	0.74	6.83
5.43	0.0381	42.21	368.86	8.738	10.26	5.89	4.37	0.74	6.73
5.59	0.0392	42.26	365.98	8.661	10.18	5.85	4.33	0.74	6.68
5.73	0.0402	42.30	360.22	8.515	10.04	5.78	4.26	0.74	6.59
5.88	0.0413	42.35	356.76	8.424	9.95	5.74	4.21	0.73	6.53
6.03	0.0423	42.40	351.57	8.292	9.82	5.67	4.15	0.73	6.44
6.18	0.0434	42.44	348.69	8.215	9.74	5.63	4.11	0.73	6.39



RESULTADOS:

qmax=	6.762	kg/cm ²	qmax=	8.517	kg/cm ²	qmax=	12.188	kg/cm ²
deformación unit	1.81	mm	deformación unit	1.94	mm	deformación unit	2.11	mm



Observaciones : Especimen 01

Esfuerzo de Falla :	$\sigma_{\pi} =$	6.762	Kg/cm ²
Esfuerzo :	$\sigma_1 =$	7.295	Kg/cm ²
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 =$	0.533	Kg/cm ²
Origen :	$O_1 =$	3.914	Kg/cm ²
Radio :	$R_1 =$	3.381	Kg/cm ²

Observaciones : Especimen 0.2

Esfuerzo de Falla :	$\sigma_{\pi} =$	8.517	Kg/cm ²
Esfuerzo :	$\sigma_1 =$	9.553	Kg/cm ²
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 =$	1.036	Kg/cm ²
Origen :	$O_1 =$	5.294	Kg/cm ²
Radio :	$R_1 =$	4.258	Kg/cm ²

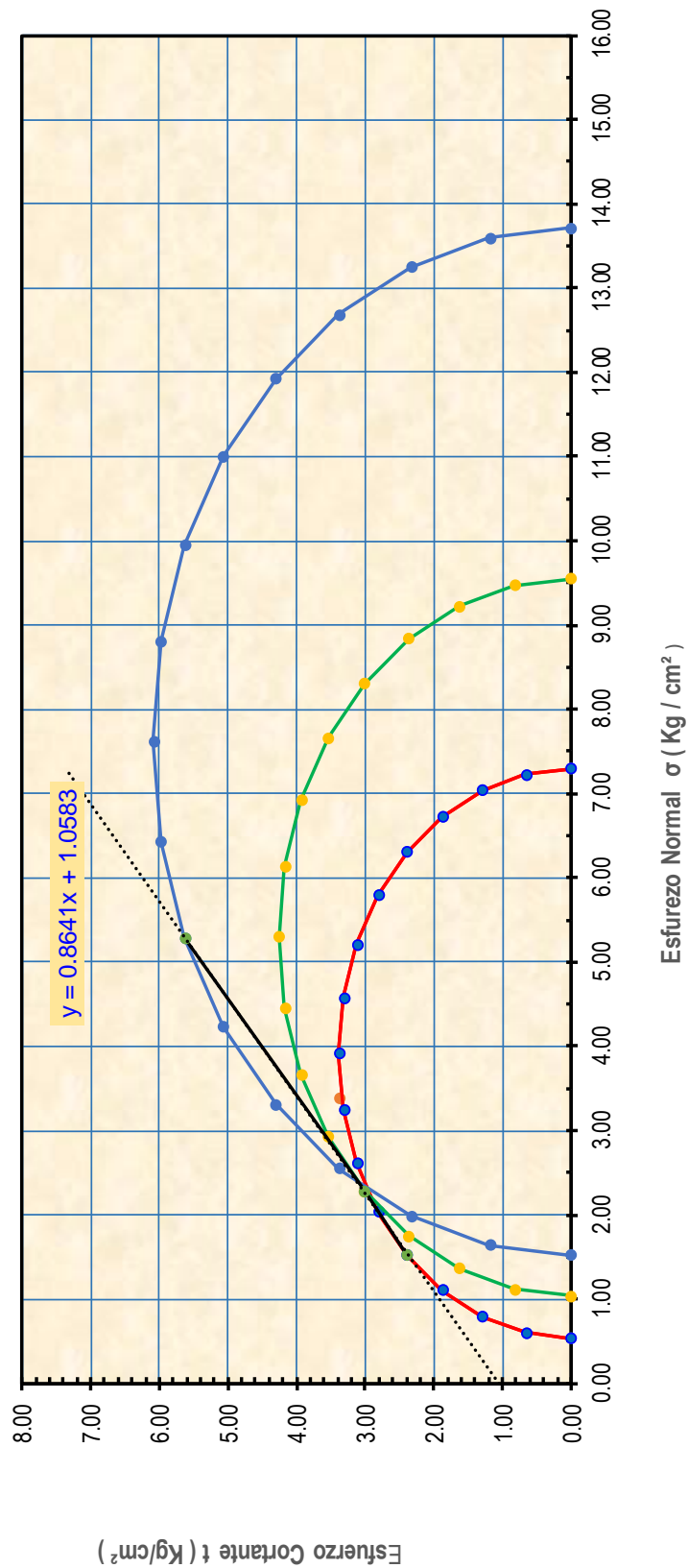
Observaciones : Especimen 03

Esfuerzo de Falla :	$\sigma_{\pi} =$	12.188	Kg/cm ²
Esfuerzo :	$\sigma_1 =$	13.712	Kg/cm ²
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 =$	1.524	Kg/cm ²
Origen :	$O_1 =$	7.618	Kg/cm ²
Radio :	$R_1 =$	6.094	Kg/cm ²



Cohesion= 1.058 kg/cm²
Angulo de friccion= 40.83 grados

CIRCULO DE MORH





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



PROYECTO:

INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACION DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

COMPRESION TRIAXIAL (UU)

(ASTM D 2850-95 / AASTHO T296-94)

UBICACIÓN: DISTRITO DE KELLUYO

CANTERA: CHIPANA

ADITIVO 1.00% CLORURO DE CALCIO

FECHA: 29/03/2019

Velocidad de carga (mm/min)	0.50
Presion de celda σ_3 (kg/cm ²)	0.518

Estado de suelo:	Natural
Tipo de muestra:	Alterado -compactada

DATOS DE LA MUESTRA

Datos	Especimen 01	Especimen 02	Especimen 03
Peso (g)	1219.90	1214.04	1179.11
Diametro (cm)	7.18	7.19	7.18
Area (cm ²)	40.49	40.60	40.49
Altura (cm)	14.31	14.34	14.33
Densidad (g/cm ³)	2.11	2.09	2.03
Humedad (W %)	8.20	8.20	8.20



ESPECIMEN 01

Deformación (mm) ΔL	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corr. (cm ²) $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Carga (kg) P	Esfuerzo Desviador $\sigma = P / A'$	$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma$	p (kg/cm ²) $p = (\sigma_1 + \sigma_3) / 2$	q $q = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2$	q/p	oblicuidad (σ_1 / σ_3)
0.00	0.0000	40.49	0.00	0.000	0.52	0.52	0.00	0.00	1.00
0.16	0.0011	40.53	69.16	1.706	2.22	1.37	0.85	0.62	4.29
0.31	0.0022	40.58	109.51	2.699	3.22	1.87	1.35	0.72	6.21
0.46	0.0032	40.62	146.39	3.604	4.12	2.32	1.80	0.78	7.96
0.61	0.0042	40.66	178.67	4.394	4.91	2.72	2.20	0.81	9.48
0.76	0.0053	40.70	201.72	4.956	5.47	3.00	2.48	0.83	10.57
0.90	0.0063	40.75	219.01	5.375	5.89	3.21	2.69	0.84	11.38
1.06	0.0074	40.79	230.54	5.652	6.17	3.34	2.83	0.85	11.91
1.21	0.0084	40.83	236.30	5.787	6.30	3.41	2.89	0.85	12.17
1.36	0.0095	40.88	239.19	5.851	6.37	3.44	2.93	0.85	12.30
1.51	0.0105	40.92	239.19	5.845	6.36	3.44	2.92	0.85	12.28
1.65	0.0116	40.96	238.61	5.825	6.34	3.43	2.91	0.85	12.25
1.81	0.0126	41.01	234.86	5.727	6.25	3.38	2.86	0.85	12.06
1.96	0.0137	41.05	230.54	5.616	6.13	3.33	2.81	0.84	11.84
2.11	0.0147	41.10	224.78	5.470	5.99	3.25	2.73	0.84	11.56
2.26	0.0158	41.14	217.57	5.289	5.81	3.16	2.64	0.84	11.21
2.41	0.0168	41.18	207.49	5.038	5.56	3.04	2.52	0.83	10.73
2.56	0.0179	41.23	196.82	4.774	5.29	2.91	2.39	0.82	10.22
2.71	0.0190	41.27	187.31	4.539	5.06	2.79	2.27	0.81	9.76
2.86	0.0200	41.32	177.23	4.290	4.81	2.66	2.14	0.81	9.28
3.01	0.0211	41.36	167.14	4.041	4.56	2.54	2.02	0.80	8.80
3.16	0.0221	41.40	158.50	3.828	4.35	2.43	1.91	0.79	8.39
3.31	0.0231	41.45	152.73	3.685	4.20	2.36	1.84	0.78	8.11
3.46	0.0242	41.49	146.39	3.528	4.05	2.28	1.76	0.77	7.81
3.62	0.0253	41.54	141.21	3.399	3.92	2.22	1.70	0.77	7.56
3.77	0.0263	41.58	137.75	3.312	3.83	2.17	1.66	0.76	7.39
3.92	0.0274	41.63	132.56	3.184	3.70	2.11	1.59	0.75	7.15
4.07	0.0285	41.68	132.56	3.181	3.70	2.11	1.59	0.75	7.14
4.23	0.0295	41.72	129.68	3.108	3.63	2.07	1.55	0.75	7.00
4.37	0.0306	41.77	126.80	3.036	3.55	2.04	1.52	0.75	6.86
4.53	0.0316	41.81	126.80	3.033	3.55	2.03	1.52	0.75	6.85
4.68	0.0327	41.86	123.92	2.960	3.48	2.00	1.48	0.74	6.72
4.83	0.0338	41.90	123.92	2.957	3.48	2.00	1.48	0.74	6.71
4.98	0.0348	41.95	123.34	2.940	3.46	1.99	1.47	0.74	6.68
5.13	0.0359	42.00	121.90	2.903	3.42	1.97	1.45	0.74	6.60

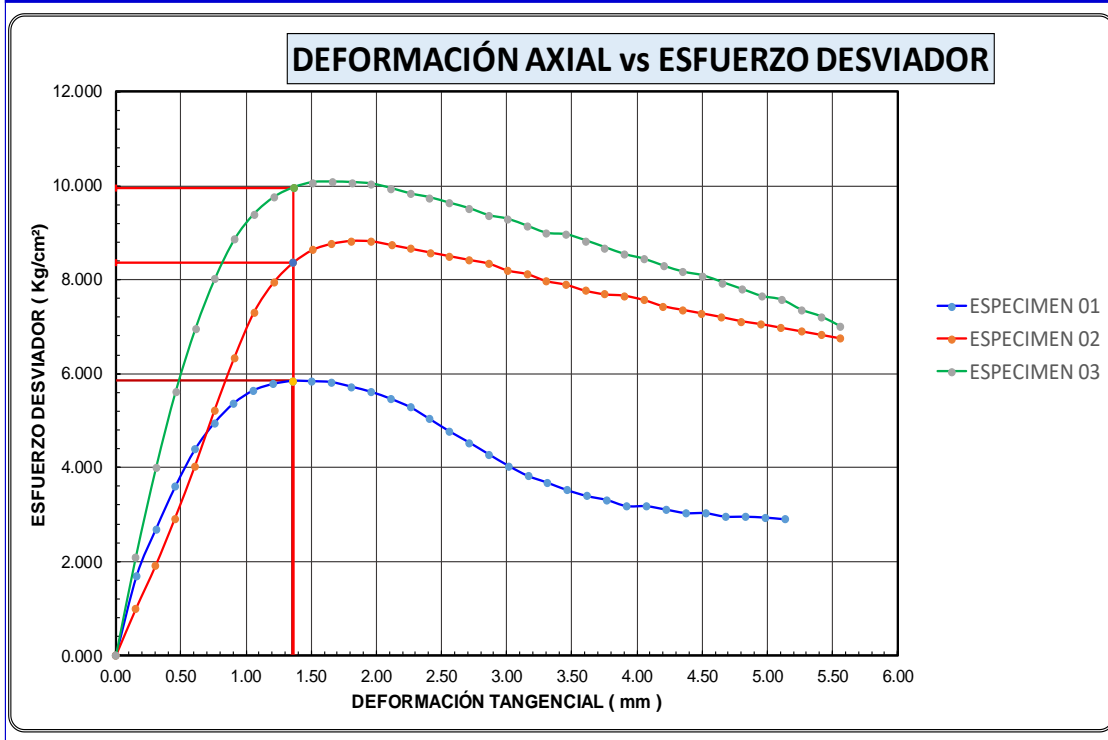


ESPECIMEN 03

Deformación (mm) ΔL	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corr. (cm ²) $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Carga (kg) P	Esfuerzo Desviador $\sigma = P / A'$	$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma$	p (kg/cm ²) $p = (\sigma_1 + \sigma_3) / 2$	q $q = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2$	q/p	oblicuidad (σ_1 / σ_3)
0.00	0.0000	40.49	0.00	0.000	1.54	1.54	0.00	0.00	1.00
0.15	0.0011	40.53	85.01	2.097	3.64	2.59	1.05	0.40	2.36
0.31	0.0021	40.58	162.24	3.998	5.54	3.54	2.00	0.56	3.59
0.46	0.0032	40.62	228.52	5.626	7.17	4.35	2.81	0.65	4.65
0.61	0.0043	40.66	283.28	6.966	8.51	5.02	3.48	0.69	5.52
0.76	0.0053	40.71	326.50	8.021	9.56	5.55	4.01	0.72	6.21
0.91	0.0064	40.75	361.08	8.861	10.40	5.97	4.43	0.74	6.75
1.06	0.0074	40.79	383.27	9.396	10.94	6.24	4.70	0.75	7.10
1.22	0.0085	40.84	398.55	9.760	11.30	6.42	4.88	0.76	7.33
1.36	0.0095	40.88	407.19	9.961	11.50	6.52	4.98	0.76	7.46
1.51	0.0106	40.92	412.09	10.070	11.61	6.58	5.04	0.77	7.53
1.66	0.0116	40.97	412.96	10.081	11.62	6.58	5.04	0.77	7.54
1.81	0.0127	41.01	412.96	10.070	11.61	6.58	5.04	0.77	7.53
1.96	0.0137	41.05	412.09	10.038	11.58	6.56	5.02	0.77	7.51
2.11	0.0147	41.09	408.63	9.944	11.48	6.51	4.97	0.76	7.45
2.26	0.0158	41.14	404.31	9.828	11.37	6.46	4.91	0.76	7.38
2.41	0.0168	41.18	401.43	9.748	11.29	6.41	4.87	0.76	7.33
2.56	0.0178	41.22	397.11	9.633	11.17	6.36	4.82	0.76	7.25
2.71	0.0189	41.27	392.78	9.518	11.06	6.30	4.76	0.76	7.18
2.86	0.0200	41.31	387.02	9.368	10.91	6.22	4.68	0.75	7.08
3.01	0.0210	41.36	384.14	9.288	10.83	6.19	4.64	0.75	7.03
3.16	0.0220	41.40	378.37	9.139	10.68	6.11	4.57	0.75	6.93
3.30	0.0231	41.44	372.61	8.990	10.53	6.04	4.50	0.74	6.83
3.45	0.0241	41.49	371.75	8.960	10.50	6.02	4.48	0.74	6.81
3.60	0.0251	41.53	366.85	8.833	10.37	5.96	4.42	0.74	6.73
3.75	0.0262	41.58	361.08	8.684	10.23	5.88	4.34	0.74	6.64
3.91	0.0273	41.62	355.32	8.537	10.08	5.81	4.27	0.73	6.54
4.05	0.0283	41.67	351.57	8.438	9.98	5.76	4.22	0.73	6.48
4.20	0.0293	41.71	345.81	8.290	9.83	5.69	4.15	0.73	6.38
4.35	0.0304	41.76	340.91	8.164	9.71	5.62	4.08	0.73	6.30
4.50	0.0314	41.80	338.03	8.086	9.63	5.58	4.04	0.72	6.25
4.65	0.0325	41.85	332.27	7.940	9.48	5.51	3.97	0.72	6.15
4.81	0.0335	41.89	326.50	7.794	9.33	5.44	3.90	0.72	6.06
4.95	0.0346	41.94	320.74	7.648	9.19	5.36	3.82	0.71	5.96
5.11	0.0356	41.99	317.86	7.571	9.11	5.33	3.79	0.71	5.91
5.26	0.0367	42.03	309.21	7.357	8.90	5.22	3.68	0.70	5.77
5.41	0.0378	42.08	303.45	7.212	8.75	5.15	3.61	0.70	5.68
5.56	0.0388	42.12	294.80	6.999	8.54	5.04	3.50	0.69	5.54

RESULTADOS:

qmax=	5.851	kg/cm ²	qmax=	8.366	kg/cm ²	qmax=	9.961	kg/cm ²
deformación unit	1.36	mm	deformación unit	1.36	mm	deformación unit	1.36	mm



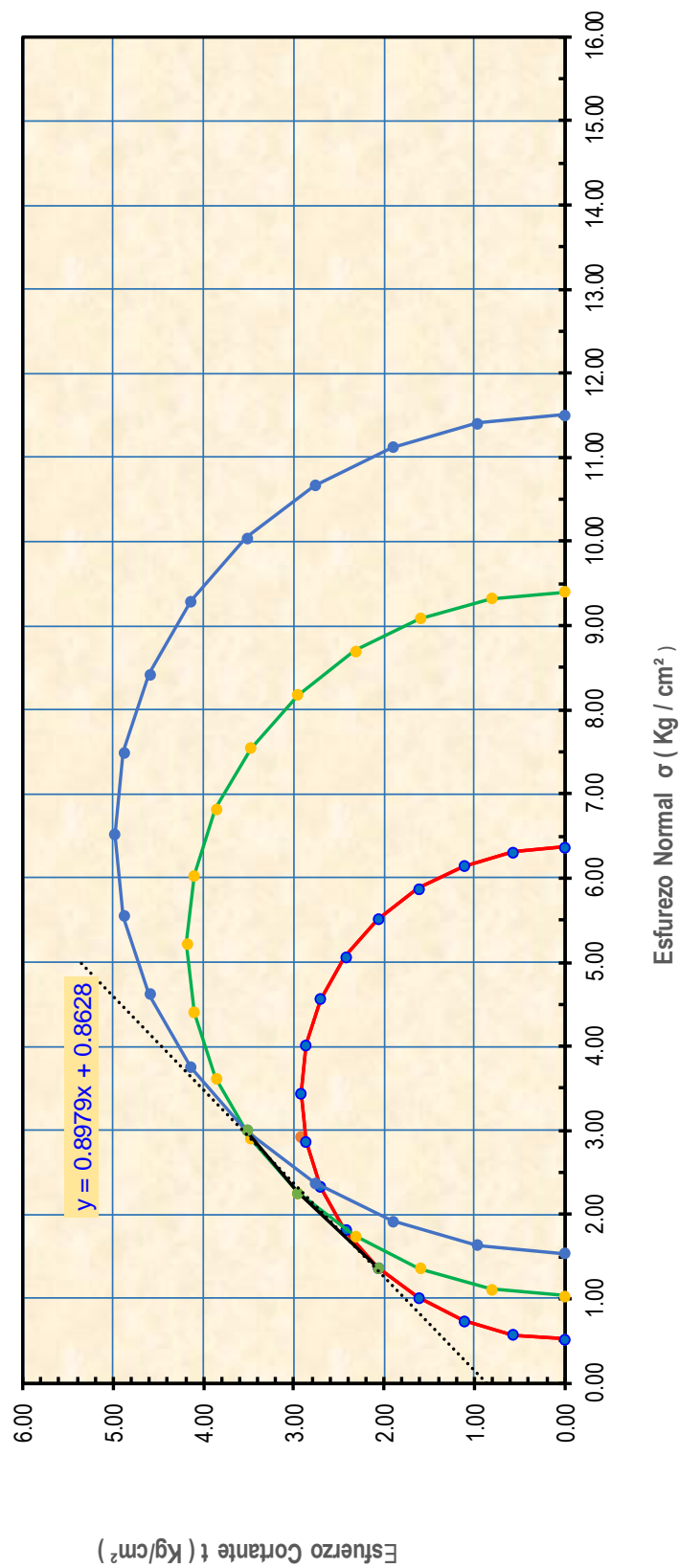
Observaciones :	Especimen 01	
Esfuerzo de Falla :	$\sigma_{\pi} =$	5.851 Kg/cm ²
Esfuerzo :	$\sigma_1 =$	6.369 Kg/cm ²
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 =$	0.518 Kg/cm ²
Origen :	$O_1 =$	3.444 Kg/cm ²
Radio :	$R_1 =$	2.926 Kg/cm ²

Observaciones :	Especimen 0.2	
Esfuerzo de Falla :	$\sigma_{\pi} =$	8.366 Kg/cm ²
Esfuerzo :	$\sigma_1 =$	9.404 Kg/cm ²
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 =$	1.038 Kg/cm ²
Origen :	$O_1 =$	5.221 Kg/cm ²
Radio :	$R_1 =$	4.183 Kg/cm ²

Observaciones :	Especimen 03	
Esfuerzo de Falla :	$\sigma_{\pi} =$	9.961 Kg/cm ²
Esfuerzo :	$\sigma_1 =$	11.502 Kg/cm ²
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 =$	1.541 Kg/cm ²
Origen :	$O_1 =$	6.522 Kg/cm ²
Radio :	$R_1 =$	4.981 Kg/cm ²

Cohesion=	0.863	kg/cm ²
Angulo de friccion=	41.92	grados

CIRCULO DE MORH





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR
A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

ENSAYO TRIAXIAL (UU)

(ASTM D 2850-95 / AASTHO T296-94)

UBICACIÓN: DISTRITO DE KELLUYO
CANTERA: CHIPANA
ADITIVO 1.50% CLORURO DE CALCIO
FECHA: 1/07/2019

Velocidad de carga (mm/min)	0.50
Presion de celda σ_3 (kg/cm ²)	0.511

Estado de suelo:	Natural
Tipo de muestra:	Alterado -compactada

DATOS DE LA MUESTRA

Datos	Especimen 01	Especimen 02	Especimen 03
Peso (g)	1224.20	1245.12	1245.12
Diametro (cm)	7.16	7.22	7.22
Area (cm ²)	40.26	40.94	40.94
Altura (cm)	14.34	14.23	14.23
Densidad (g/cm ³)	2.12	2.14	2.14
Humedad (W %)	7.90	7.90	7.90



ESPECIMEN 01

Deformación (mm)	Deformación Unitaria.	Area corr. (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo Desviador		p (kg/cm ²)	q	q/p	oblicuidad
ΔL	$\epsilon = \Delta L / L_0$	$A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	P	$\sigma = P / A'$	$\sigma_1 = \sigma + 3\sigma$	$p = (\sigma_1 + \sigma) / 2$	$q = (\sigma_1 - \sigma) / 2$		(σ_1 / σ_3)
0.00	0.0000	40.26	0.00	0.000	0.51	0.51	0.00	0.00	1.00
0.04	0.0003	40.28	2.88	0.072	0.58	0.55	0.04	0.07	1.14
0.19	0.0013	40.32	31.70	0.786	1.30	0.90	0.39	0.43	2.54
0.34	0.0024	40.36	69.16	1.714	2.22	1.37	0.86	0.63	4.35
0.50	0.0035	40.40	112.39	2.782	3.29	1.90	1.39	0.73	6.44
0.65	0.0045	40.45	155.61	3.847	4.36	2.43	1.92	0.79	8.53
0.80	0.0056	40.49	195.96	4.840	5.35	2.93	2.42	0.83	10.47
0.95	0.0066	40.53	229.96	5.674	6.18	3.35	2.84	0.85	12.10
1.09	0.0076	40.57	253.59	6.250	6.76	3.64	3.13	0.86	13.23
1.24	0.0087	40.62	268.00	6.599	7.11	3.81	3.30	0.87	13.91
1.39	0.0097	40.66	279.53	6.875	7.39	3.95	3.44	0.87	14.45
1.54	0.0108	40.70	282.41	6.939	7.45	3.98	3.47	0.87	14.58
1.69	0.0118	40.74	282.41	6.931	7.44	3.98	3.47	0.87	14.56
1.84	0.0129	40.79	282.41	6.924	7.43	3.97	3.46	0.87	14.55
2.00	0.0139	40.83	279.53	6.846	7.36	3.93	3.42	0.87	14.40
2.14	0.0149	40.87	276.65	6.768	7.28	3.90	3.38	0.87	14.24
2.29	0.0160	40.92	273.77	6.691	7.20	3.86	3.35	0.87	14.09
2.45	0.0171	40.96	270.88	6.613	7.12	3.82	3.31	0.87	13.94
2.60	0.0181	41.01	265.12	6.465	6.98	3.74	3.23	0.86	13.65
2.74	0.0191	41.05	259.36	6.318	6.83	3.67	3.16	0.86	13.36
2.90	0.0202	41.09	253.59	6.171	6.68	3.60	3.09	0.86	13.08
3.05	0.0213	41.14	247.83	6.024	6.54	3.52	3.01	0.85	12.79
3.20	0.0223	41.18	241.49	5.864	6.37	3.44	2.93	0.85	12.48
3.35	0.0233	41.23	230.54	5.592	6.10	3.31	2.80	0.85	11.94
3.49	0.0244	41.27	221.90	5.377	5.89	3.20	2.69	0.84	11.52
3.65	0.0254	41.31	210.37	5.092	5.60	3.06	2.55	0.83	10.96
3.80	0.0265	41.36	201.72	4.877	5.39	2.95	2.44	0.83	10.54
3.95	0.0275	41.40	193.08	4.663	5.17	2.84	2.33	0.82	10.13
4.10	0.0286	41.45	184.43	4.450	4.96	2.74	2.22	0.81	9.71
4.25	0.0296	41.49	178.67	4.306	4.82	2.66	2.15	0.81	9.43
4.40	0.0307	41.54	172.91	4.163	4.67	2.59	2.08	0.80	9.15
4.55	0.0318	41.58	167.14	4.019	4.53	2.52	2.01	0.80	8.87
4.70	0.0328	41.63	164.26	3.946	4.46	2.48	1.97	0.79	8.72
4.86	0.0339	41.68	161.38	3.872	4.38	2.45	1.94	0.79	8.58
5.01	0.0349	41.72	158.50	3.799	4.31	2.41	1.90	0.79	8.43
5.16	0.0360	41.77	155.61	3.726	4.24	2.37	1.86	0.78	8.29
5.31	0.0370	41.81	155.61	3.722	4.23	2.37	1.86	0.78	8.28
5.46	0.0381	41.86	152.73	3.649	4.16	2.34	1.82	0.78	8.14



ESPECIMEN 02

Deformación (mm) ΔL	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corr. (cm ²) $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Carga (kg) P	Esfuerzo Desviador $\sigma = P / A'$	$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma$	p (kg/cm ²) $p = (\sigma_1 + \sigma_3) / 2$	q $q = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2$	q/p	oblicuidad (σ_1 / σ_3)
0.00	0.0000	40.94	0.00	0.000	1.04	1.04	0.00	0.00	1.00
0.14	0.0010	40.98	2.88	0.070	1.11	1.08	0.04	0.03	1.07
0.29	0.0020	41.03	2.88	0.070	1.11	1.08	0.04	0.03	1.07
0.44	0.0031	41.07	34.58	0.842	1.88	1.46	0.42	0.29	1.81
0.59	0.0042	41.11	64.26	1.563	2.60	1.82	0.78	0.43	2.50
0.74	0.0052	41.16	95.10	2.311	3.35	2.20	1.16	0.53	3.22
0.89	0.0063	41.20	123.92	3.008	4.05	2.54	1.50	0.59	3.89
1.04	0.0073	41.24	155.61	3.773	4.81	2.93	1.89	0.64	4.62
1.19	0.0084	41.29	190.20	4.607	5.65	3.34	2.30	0.69	5.43
1.34	0.0094	41.33	224.78	5.438	6.48	3.76	2.72	0.72	6.22
1.49	0.0105	41.38	256.48	6.199	7.24	4.14	3.10	0.75	6.95
1.64	0.0115	41.42	291.06	7.027	8.07	4.55	3.51	0.77	7.75
1.79	0.0126	41.46	322.76	7.784	8.83	4.93	3.89	0.79	8.48
1.94	0.0136	41.51	351.57	8.470	9.51	5.28	4.24	0.80	9.14
2.09	0.0147	41.55	374.05	9.002	10.04	5.54	4.50	0.81	9.65
2.24	0.0157	41.60	389.04	9.353	10.39	5.72	4.68	0.82	9.98
2.39	0.0168	41.64	400.56	9.619	10.66	5.85	4.81	0.82	10.24
2.54	0.0179	41.69	409.21	9.816	10.86	5.95	4.91	0.83	10.43
2.70	0.0190	41.73	412.09	9.875	10.92	5.98	4.94	0.83	10.49
2.85	0.0200	41.78	414.97	9.933	10.97	6.01	4.97	0.83	10.54
3.00	0.0211	41.82	413.53	9.888	10.93	5.98	4.94	0.83	10.50
3.15	0.0221	41.87	412.09	9.843	10.88	5.96	4.92	0.83	10.45
3.30	0.0232	41.91	409.21	9.763	10.80	5.92	4.88	0.82	10.38
3.45	0.0242	41.96	405.75	9.670	10.71	5.88	4.84	0.82	10.29
3.60	0.0253	42.00	400.56	9.537	10.58	5.81	4.77	0.82	10.16
3.75	0.0263	42.05	397.68	9.458	10.50	5.77	4.73	0.82	10.09
3.89	0.0274	42.09	391.92	9.311	10.35	5.70	4.66	0.82	9.94
4.05	0.0284	42.14	389.04	9.232	10.27	5.66	4.62	0.82	9.87
4.20	0.0295	42.19	383.27	9.085	10.13	5.58	4.54	0.81	9.73
4.34	0.0305	42.23	380.39	9.007	10.05	5.54	4.50	0.81	9.65
4.49	0.0316	42.28	374.63	8.861	9.90	5.47	4.43	0.81	9.51
4.64	0.0326	42.32	368.86	8.716	9.76	5.40	4.36	0.81	9.37
4.79	0.0337	42.37	363.97	8.590	9.63	5.34	4.30	0.80	9.25
4.95	0.0348	42.42	358.78	8.459	9.50	5.27	4.23	0.80	9.13
5.09	0.0358	42.46	353.88	8.334	9.38	5.21	4.17	0.80	9.01
5.24	0.0369	42.51	348.12	8.189	9.23	5.14	4.09	0.80	8.87
5.39	0.0379	42.55	340.91	8.011	9.05	5.05	4.01	0.79	8.70
5.54	0.0389	42.60	334.28	7.847	8.89	4.96	3.92	0.79	8.54
5.69	0.0400	42.65	327.94	7.690	8.73	4.89	3.84	0.79	8.39
5.84	0.0411	42.69	319.87	7.492	8.53	4.79	3.75	0.78	8.20
5.99	0.0421	42.74	311.23	7.282	8.32	4.68	3.64	0.78	7.99
6.14	0.0431	42.79	305.47	7.139	8.18	4.61	3.57	0.77	7.86



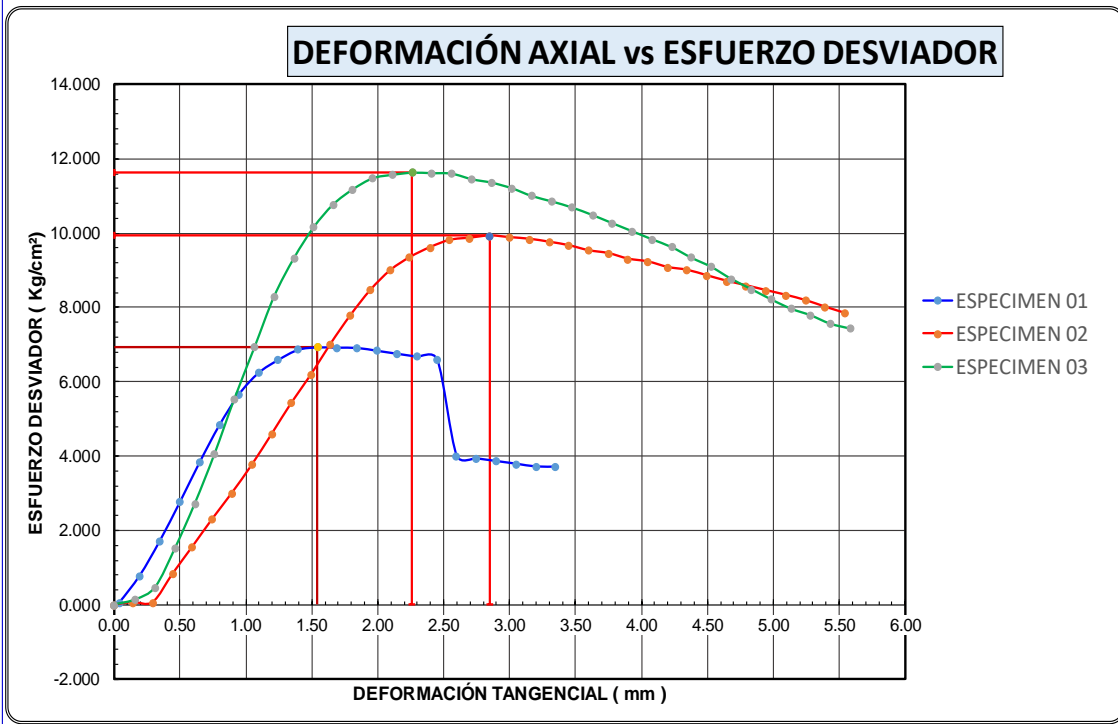
ESPECIMEN 03

Deformación (mm) ΔL	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corr. (cm ²) $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Carga (kg) P	Esfuerzo Desviador $\sigma = P / A'$	$\sigma_1 = \sigma + 3\sigma$	ρ (kg/cm ²) $\rho = (\sigma_1 + \sigma) / 2$	q $q = (\sigma_1 - \sigma) / 2$	q/p	oblicuidad (σ_1 / σ_3)
0.00	0.0000	40.94	0.00	0.000	1.53	1.53	0.00	0.00	1.00
0.16	0.0011	40.99	5.76	0.141	1.67	1.60	0.07	0.04	1.09
0.31	0.0022	41.03	19.60	0.478	2.01	1.77	0.24	0.14	1.31
0.46	0.0033	41.08	63.40	1.543	3.07	2.30	0.77	0.34	2.01
0.61	0.0043	41.12	112.39	2.733	4.26	2.90	1.37	0.47	2.79
0.76	0.0053	41.16	167.14	4.061	5.59	3.56	2.03	0.57	3.65
0.91	0.0064	41.20	227.66	5.525	7.06	4.29	2.76	0.64	4.61
1.06	0.0075	41.25	286.16	6.937	8.47	5.00	3.47	0.69	5.53
1.21	0.0085	41.29	342.93	8.305	9.83	5.68	4.15	0.73	6.43
1.36	0.0096	41.34	386.15	9.341	10.87	6.20	4.67	0.75	7.11
1.51	0.0106	41.38	420.74	10.167	11.70	6.61	5.08	0.77	7.65
1.66	0.0117	41.42	446.67	10.783	12.31	6.92	5.39	0.78	8.05
1.81	0.0127	41.47	463.96	11.188	12.72	7.12	5.59	0.79	8.31
1.96	0.0138	41.51	476.93	11.488	13.02	7.27	5.74	0.79	8.51
2.11	0.0148	41.56	481.25	11.580	13.11	7.32	5.79	0.79	8.57
2.26	0.0159	41.60	484.13	11.637	13.17	7.35	5.82	0.79	8.61
2.41	0.0169	41.65	484.13	11.625	13.15	7.34	5.81	0.79	8.60
2.56	0.0180	41.69	484.13	11.612	13.14	7.34	5.81	0.79	8.59
2.71	0.0191	41.74	478.37	11.461	12.99	7.26	5.73	0.79	8.49
2.87	0.0201	41.78	474.91	11.366	12.90	7.21	5.68	0.79	8.43
3.02	0.0212	41.83	469.15	11.216	12.75	7.14	5.61	0.79	8.33
3.17	0.0222	41.87	461.08	11.011	12.54	7.04	5.51	0.78	8.20
3.32	0.0233	41.92	455.32	10.862	12.39	6.96	5.43	0.78	8.10
3.47	0.0244	41.97	448.98	10.699	12.23	6.88	5.35	0.78	7.99
3.63	0.0255	42.01	440.91	10.495	12.02	6.78	5.25	0.77	7.86
3.78	0.0265	42.06	432.26	10.278	11.81	6.67	5.14	0.77	7.72
3.93	0.0276	42.10	423.62	10.061	11.59	6.56	5.03	0.77	7.58
4.08	0.0287	42.15	414.97	9.845	11.38	6.45	4.92	0.76	7.43
4.23	0.0297	42.20	406.33	9.630	11.16	6.34	4.81	0.76	7.29
4.38	0.0308	42.24	394.80	9.346	10.88	6.20	4.67	0.75	7.11
4.53	0.0318	42.29	384.71	9.098	10.63	6.08	4.55	0.75	6.95
4.68	0.0329	42.33	371.75	8.781	10.31	5.92	4.39	0.74	6.74
4.83	0.0340	42.38	360.22	8.500	10.03	5.78	4.25	0.74	6.56
4.99	0.0350	42.43	348.69	8.218	9.75	5.64	4.11	0.73	6.37
5.13	0.0361	42.47	338.61	7.972	9.50	5.52	3.99	0.72	6.21
5.28	0.0371	42.52	331.40	7.794	9.32	5.43	3.90	0.72	6.09
5.43	0.0382	42.57	322.18	7.569	9.10	5.31	3.78	0.71	5.95
5.58	0.0392	42.61	316.99	7.439	8.97	5.25	3.72	0.71	5.86
5.73	0.0403	42.66	311.23	7.296	8.83	5.18	3.65	0.70	5.77
5.89	0.0414	42.71	308.35	7.220	8.75	5.14	3.61	0.70	5.72
6.03	0.0424	42.75	302.58	7.077	8.61	5.07	3.54	0.70	5.63
6.19	0.0435	42.80	299.70	7.002	8.53	5.03	3.50	0.70	5.58
6.34	0.0445	42.85	296.82	6.927	8.46	4.99	3.46	0.69	5.53



RESULTADOS:

qmax=	6.939	kg/cm ²	qmax=	9.933	kg/cm ²	qmax=	11.637	kg/cm ²
deformación unit	1.54	mm	deformación unit	2.85	mm	deformación unit	2.26	mm



Observaciones : Especimen 01

Esfuerzo de Falla :	$\sigma_{\pi} =$	6.939	Kg/cm ²
Esfuerzo :	$\sigma_1 =$	7.450	Kg/cm ²
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 =$	0.511	Kg/cm ²
Origen :	$O_1 =$	3.980	Kg/cm ²
Radio :	$R_1 =$	3.469	Kg/cm ²

Observaciones : Especimen 0.2

Esfuerzo de Falla :	$\sigma_{\pi} =$	9.933	Kg/cm ²
Esfuerzo :	$\sigma_1 =$	10.974	Kg/cm ²
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 =$	1.041	Kg/cm ²
Origen :	$O_1 =$	6.007	Kg/cm ²
Radio :	$R_1 =$	4.966	Kg/cm ²

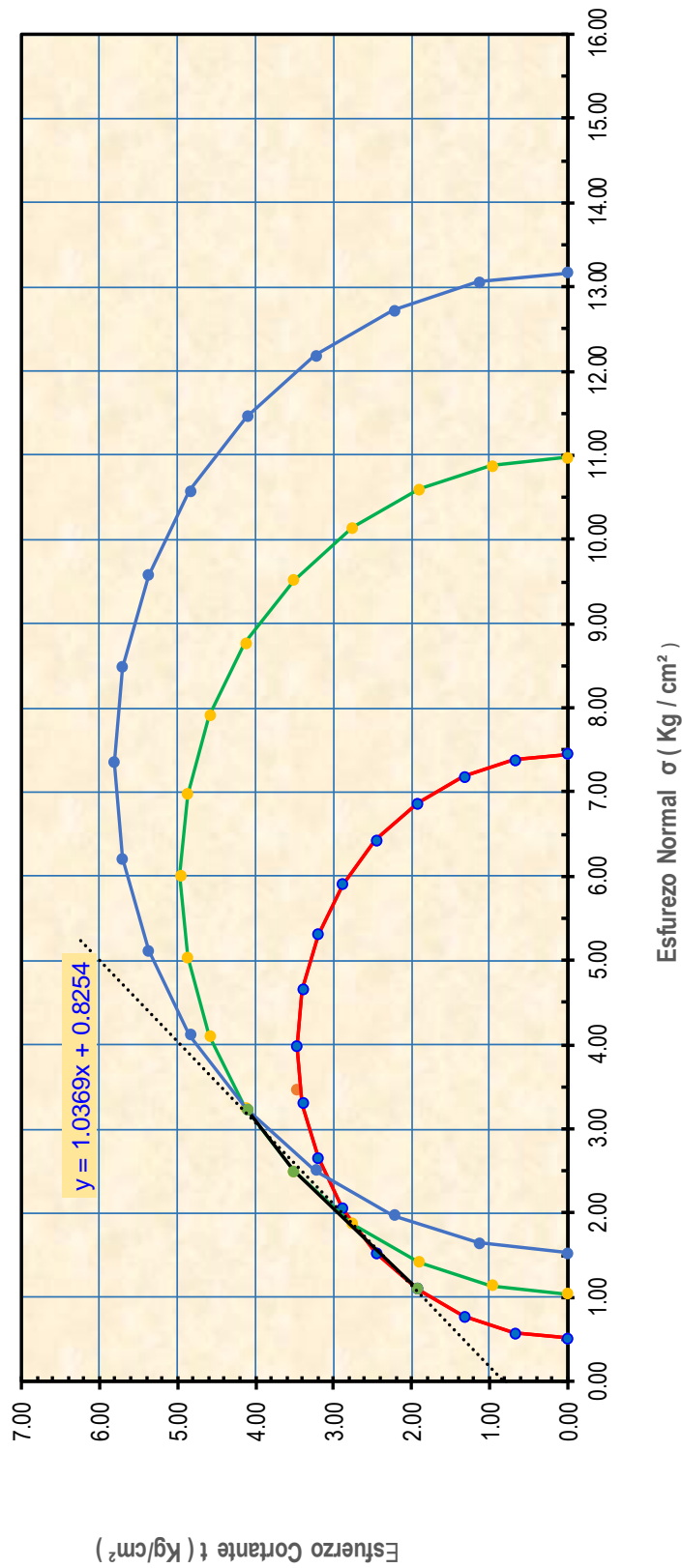
Observaciones : Especimen 03

Esfuerzo de Falla :	$\sigma_{\pi} =$	11.637	Kg/cm ²
Esfuerzo :	$\sigma_1 =$	13.167	Kg/cm ²
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 =$	1.530	Kg/cm ²
Origen :	$O_1 =$	7.349	Kg/cm ²
Radio :	$R_1 =$	5.819	Kg/cm ²



Cohesion= 0.825 kg/cm²
Angulo de friccion= 46.04 grados

CIRCULO DE MORH





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR
A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

ENSAYO TRIAXIAL (UU)

(ASTM D 2850-95 / AASTHO T296-94)

UBICACIÓN: DISTRITO DE KELLUYO
CANTERA: CHIPANA
ADITIVO 0.15% ACEITE SULFONADO
FECHA: 1/07/2019

Velocidad de carga (mm/min)	0.50
Presion de celda σ_3 (kg/cm ²)	0.535

Estado de suelo:	Natural
Tipo de muestra:	Alterado -compactada

DATOS DE LA MUESTRA

Datos	Especimen 01	Especimen 02	Especimen 03
Peso (g)	1241.15	1274.74	1273.12
Diametro (cm)	7.24	7.20	7.23
Area (cm ²)	41.17	40.72	41.06
Altura (cm)	14.25	14.31	14.27
Densidad (g/cm ³)	2.12	2.19	2.17
Humedad (W %)	8.55	8.55	8.55



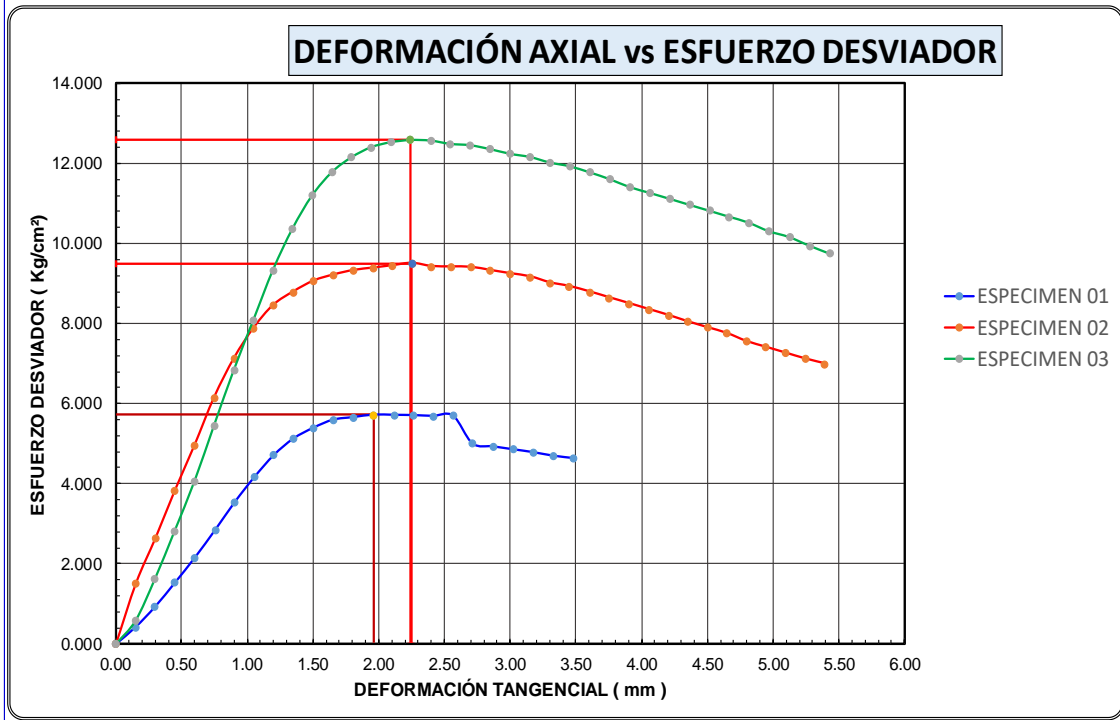
ESPECIMEN 01

Deformación (mm) ΔL	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corr. (cm ²) $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Carga (kg) P	Esfuerzo Desviador $\sigma = P / A'$	$\sigma_1 = \sigma + 3\sigma$	p (kg/cm ²) $p = (\sigma_1 + \sigma) / 2$	q $q = (\sigma_1 - \sigma) / 2$	q/p	oblicuidad (σ_1 / σ_3)
0.00	0.0000	41.17	0.00	0.000	0.54	0.54	0.00	0.00	1.00
0.15	0.0010	41.21	17.29	0.420	0.95	0.74	0.21	0.28	1.78
0.30	0.0021	41.25	38.33	0.929	1.46	1.00	0.46	0.46	2.74
0.45	0.0032	41.30	63.40	1.535	2.07	1.30	0.77	0.59	3.87
0.60	0.0042	41.34	89.33	2.161	2.70	1.62	1.08	0.67	5.04
0.76	0.0053	41.39	118.15	2.855	3.39	1.96	1.43	0.73	6.34
0.90	0.0063	41.43	146.97	3.547	4.08	2.31	1.77	0.77	7.63
1.05	0.0074	41.48	172.91	4.169	4.70	2.62	2.08	0.80	8.79
1.20	0.0084	41.52	195.96	4.720	5.25	2.89	2.36	0.82	9.82
1.35	0.0095	41.56	213.25	5.131	5.67	3.10	2.57	0.83	10.59
1.50	0.0105	41.61	224.78	5.402	5.94	3.24	2.70	0.83	11.10
1.65	0.0116	41.65	233.42	5.604	6.14	3.34	2.80	0.84	11.47
1.81	0.0127	41.70	236.30	5.667	6.20	3.37	2.83	0.84	11.59
1.96	0.0138	41.74	239.19	5.730	6.26	3.40	2.86	0.84	11.71
2.12	0.0149	41.79	239.19	5.724	6.26	3.40	2.86	0.84	11.70
2.27	0.0159	41.83	239.19	5.718	6.25	3.39	2.86	0.84	11.69
2.41	0.0169	41.88	238.61	5.698	6.23	3.38	2.85	0.84	11.65
2.57	0.0180	41.92	239.19	5.705	6.24	3.39	2.85	0.84	11.66
2.71	0.0190	41.97	239.19	5.699	6.23	3.38	2.85	0.84	11.65
2.87	0.0201	42.01	236.30	5.624	6.16	3.35	2.81	0.84	11.51
3.02	0.0212	42.06	233.42	5.550	6.08	3.31	2.77	0.84	11.37
3.18	0.0223	42.11	233.42	5.544	6.08	3.31	2.77	0.84	11.36
3.33	0.0233	42.15	230.54	5.469	6.00	3.27	2.73	0.84	11.22
3.48	0.0244	42.20	227.66	5.395	5.93	3.23	2.70	0.83	11.08
3.63	0.0255	42.24	227.08	5.375	5.91	3.22	2.69	0.83	11.05
3.78	0.0265	42.29	224.78	5.315	5.85	3.19	2.66	0.83	10.93
3.93	0.0276	42.34	221.90	5.241	5.78	3.16	2.62	0.83	10.80
4.08	0.0286	42.38	221.32	5.222	5.76	3.15	2.61	0.83	10.76
4.23	0.0297	42.43	219.01	5.162	5.70	3.12	2.58	0.83	10.65
4.38	0.0307	42.47	216.13	5.089	5.62	3.08	2.54	0.83	10.51
4.53	0.0318	42.52	216.13	5.083	5.62	3.08	2.54	0.83	10.50
4.68	0.0328	42.57	213.25	5.010	5.54	3.04	2.50	0.82	10.36
4.83	0.0339	42.61	210.37	4.937	5.47	3.00	2.47	0.82	10.23
4.98	0.0350	42.66	207.49	4.864	5.40	2.97	2.43	0.82	10.09
5.13	0.0360	42.71	204.60	4.791	5.33	2.93	2.40	0.82	9.96
5.28	0.0371	42.75	201.15	4.705	5.24	2.89	2.35	0.81	9.79
5.44	0.0382	42.80	198.84	4.646	5.18	2.86	2.32	0.81	9.68



RESULTADOS:

qmax=	5.730	kg/cm ²	qmax=	9.509	kg/cm ²	qmax=	12.595	kg/cm ²
deformación unit	1.96	mm	deformación unit	2.25	mm	deformación unit	2.24	mm



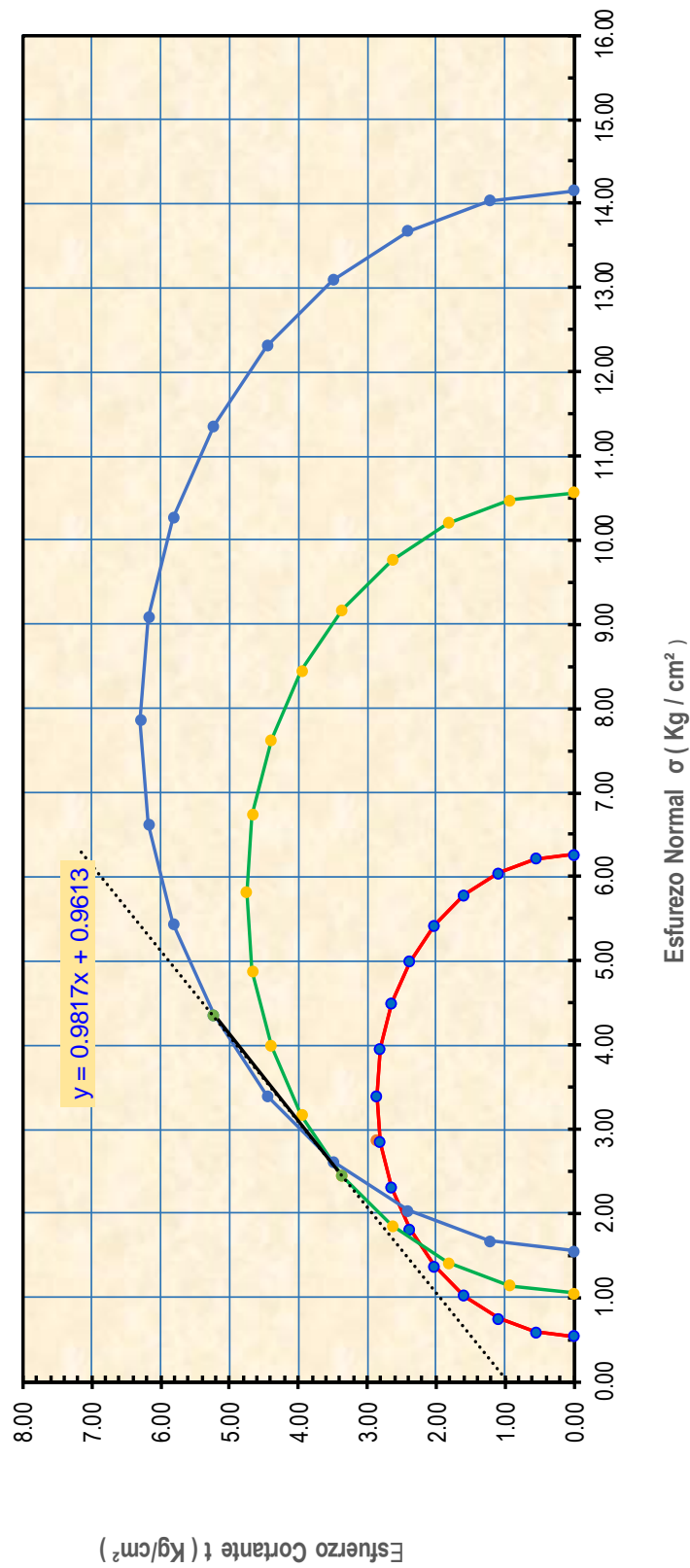
Observaciones :	Especimen 01	
Esfuerzo de Falla :	$\sigma_{\pi} =$	5.730 Kg/cm ²
Esfuerzo :	$\sigma_1 =$	6.265 Kg/cm ²
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 =$	0.535 Kg/cm ²
Origen :	$O_1 =$	3.400 Kg/cm ²
Radio :	$R_1 =$	2.865 Kg/cm ²

Observaciones :	Especimen 0.2	
Esfuerzo de Falla :	$\sigma_{\pi} =$	9.509 Kg/cm ²
Esfuerzo :	$\sigma_1 =$	10.562 Kg/cm ²
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 =$	1.053 Kg/cm ²
Origen :	$O_1 =$	5.808 Kg/cm ²
Radio :	$R_1 =$	4.755 Kg/cm ²

Observaciones :	Especimen 03	
Esfuerzo de Falla :	$\sigma_{\pi} =$	12.595 Kg/cm ²
Esfuerzo :	$\sigma_1 =$	14.151 Kg/cm ²
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 =$	1.556 Kg/cm ²
Origen :	$O_1 =$	7.854 Kg/cm ²
Radio :	$R_1 =$	6.298 Kg/cm ²

Cohesion= 0.961 kg/cm²
 Angulo de friccion= 44.47 grados

CIRCULO DE MORH





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR
A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

ENSAYO TRIAXIAL (UU)

(ASTM D 2850-95 / AASTHO T296-94)

UBICACIÓN: DISTRITO DE KELLUYO
CANTERA: CHIPANA
ADITIVO 0.30% ACEITE SULFONADO
FECHA: 1/07/2019

Velocidad de carga (mm/min)	0.50
Presion de celda σ_3 (kg/cm ²)	0.551

Estado de suelo:	Natural
Tipo de muestra:	Alterado -compactada

DATOS DE LA MUESTRA

Datos	Especimen 01	Especimen 02	Especimen 03
Peso (g)	1265.36	1282.74	1287.42
Diametro (cm)	7.22	7.21	7.22
Area (cm ²)	40.94	40.83	40.94
Altura (cm)	14.30	14.33	14.39
Densidad (g/cm ³)	2.16	2.19	2.19
Humedad (W %)	8.30	8.30	8.30



ESPECIMEN 01

Deformación (mm)	Deformación Unitaria.	Area corr. (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo Desviador		p (kg/cm ²)	q	q/p	oblicuidad
ΔL	$\epsilon = \Delta L / L_0$	$A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	P	$\sigma = P / A'$	$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma$	$p = (\sigma_1 + \sigma_3) / 2$	$q = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2$		(σ_1 / σ_3)
0.00	0.0000	40.94	0.00	0.000	0.55	0.55	0.00	0.00	1.00
0.15	0.0010	40.98	39.77	0.970	1.52	1.04	0.49	0.47	2.76
0.30	0.0021	41.03	72.04	1.756	2.31	1.43	0.88	0.61	4.19
0.45	0.0031	41.07	106.05	2.582	3.13	1.84	1.29	0.70	5.69
0.60	0.0042	41.11	141.21	3.434	3.99	2.27	1.72	0.76	7.23
0.75	0.0053	41.16	172.91	4.201	4.75	2.65	2.10	0.79	8.62
0.90	0.0063	41.20	195.96	4.756	5.31	2.93	2.38	0.81	9.63
1.05	0.0074	41.25	216.13	5.240	5.79	3.17	2.62	0.83	10.51
1.21	0.0084	41.29	230.54	5.583	6.13	3.34	2.79	0.84	11.13
1.36	0.0095	41.33	239.19	5.787	6.34	3.44	2.89	0.84	11.50
1.51	0.0105	41.38	244.95	5.920	6.47	3.51	2.96	0.84	11.74
1.66	0.0116	41.42	247.83	5.983	6.53	3.54	2.99	0.84	11.86
1.81	0.0127	41.47	253.59	6.116	6.67	3.61	3.06	0.85	12.10
1.96	0.0137	41.51	253.59	6.109	6.66	3.61	3.05	0.85	12.09
2.11	0.0148	41.55	250.71	6.033	6.58	3.57	3.02	0.85	11.95
2.26	0.0158	41.60	244.37	5.874	6.43	3.49	2.94	0.84	11.66
2.41	0.0169	41.64	242.07	5.813	6.36	3.46	2.91	0.84	11.55
2.56	0.0179	41.69	239.19	5.737	6.29	3.42	2.87	0.84	11.41
2.71	0.0190	41.73	236.30	5.662	6.21	3.38	2.83	0.84	11.28
2.87	0.0200	41.78	234.86	5.622	6.17	3.36	2.81	0.84	11.20
3.01	0.0211	41.82	231.98	5.547	6.10	3.32	2.77	0.83	11.07
3.16	0.0221	41.87	228.52	5.458	6.01	3.28	2.73	0.83	10.91
3.31	0.0232	41.91	224.78	5.363	5.91	3.23	2.68	0.83	10.73
3.46	0.0242	41.96	221.90	5.289	5.84	3.20	2.64	0.83	10.60
3.61	0.0253	42.00	219.01	5.214	5.77	3.16	2.61	0.83	10.46
3.76	0.0263	42.05	214.11	5.092	5.64	3.10	2.55	0.82	10.24
3.91	0.0274	42.09	210.37	4.998	5.55	3.05	2.50	0.82	10.07
4.06	0.0284	42.14	206.91	4.910	5.46	3.01	2.46	0.82	9.91
4.21	0.0295	42.18	201.72	4.782	5.33	2.94	2.39	0.81	9.68
4.36	0.0305	42.23	198.84	4.708	5.26	2.91	2.35	0.81	9.55
4.51	0.0316	42.28	195.96	4.635	5.19	2.87	2.32	0.81	9.41
4.67	0.0326	42.32	190.20	4.494	5.04	2.80	2.25	0.80	9.16
4.82	0.0337	42.37	187.31	4.421	4.97	2.76	2.21	0.80	9.02
4.97	0.0348	42.42	184.43	4.348	4.90	2.73	2.17	0.80	8.89
5.12	0.0358	42.46	181.55	4.276	4.83	2.69	2.14	0.80	8.76

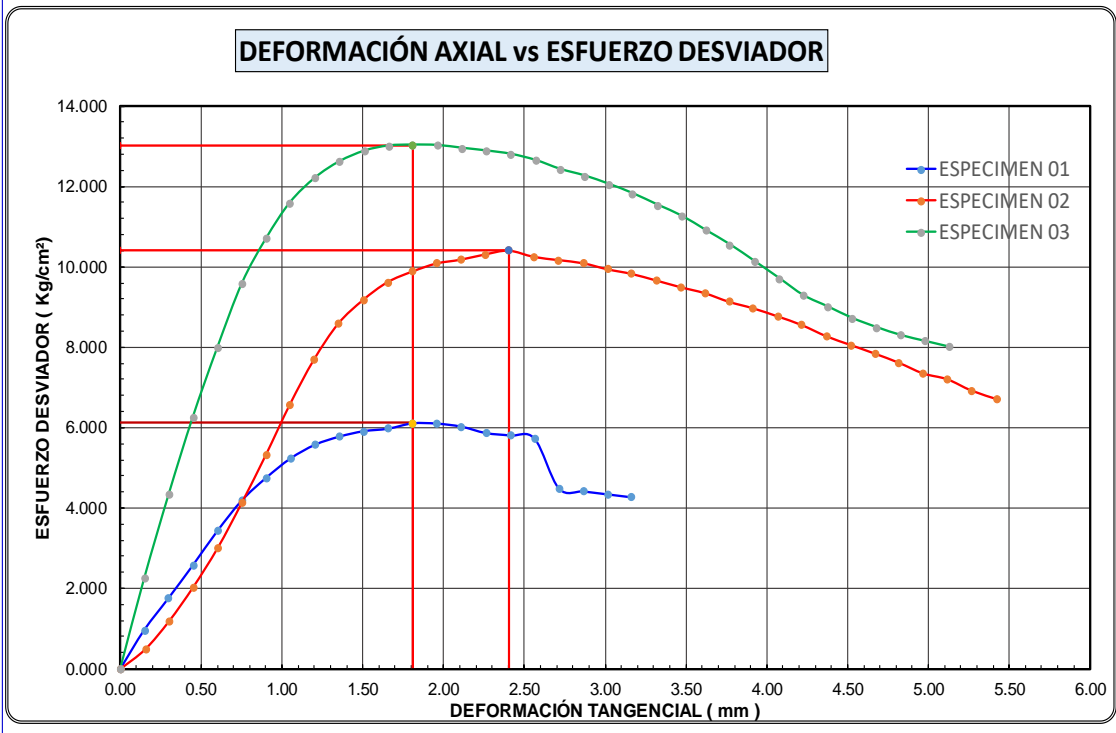


ESPECIMEN 02

Deformación (mm) ΔL	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corr. (cm ²) $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Carga (kg) P	Esfuerzo Desviador $\sigma = P / A'$	$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma$	p (kg/cm ²) $p = (\sigma_1 + \sigma_3) / 2$	q $q = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2$	q/p	oblicuidad (σ_1 / σ_3)
0.00	0.0000	40.83	0.00	0.000	1.02	1.02	0.00	0.00	1.00
0.16	0.0011	40.87	20.17	0.494	1.51	1.26	0.25	0.20	1.49
0.30	0.0021	40.91	48.99	1.197	2.21	1.61	0.60	0.37	2.18
0.45	0.0032	40.96	83.57	2.040	3.06	2.04	1.02	0.50	3.01
0.60	0.0042	41.00	123.92	3.022	4.04	2.53	1.51	0.60	3.98
0.75	0.0053	41.04	170.02	4.142	5.16	3.09	2.07	0.67	5.08
0.90	0.0063	41.09	219.01	5.331	6.35	3.68	2.67	0.72	6.25
1.05	0.0073	41.13	270.88	6.586	7.60	4.31	3.29	0.76	7.49
1.20	0.0084	41.17	316.99	7.699	8.71	4.86	3.85	0.79	8.59
1.35	0.0094	41.22	354.46	8.600	9.61	5.31	4.30	0.81	9.47
1.50	0.0105	41.26	378.95	9.184	10.20	5.61	4.59	0.82	10.05
1.65	0.0115	41.30	397.68	9.628	10.64	5.83	4.81	0.83	10.49
1.81	0.0126	41.35	409.21	9.896	10.91	5.96	4.95	0.83	10.75
1.96	0.0137	41.39	417.85	10.095	11.11	6.06	5.05	0.83	10.95
2.11	0.0147	41.44	422.18	10.188	11.20	6.11	5.09	0.83	11.04
2.25	0.0157	41.48	427.94	10.317	11.33	6.17	5.16	0.84	11.16
2.40	0.0168	41.52	432.44	10.414	11.43	6.22	5.21	0.84	11.26
2.56	0.0179	41.57	426.50	10.260	11.27	6.14	5.13	0.83	11.11
2.71	0.0189	41.62	423.62	10.179	11.19	6.10	5.09	0.83	11.03
2.87	0.0200	41.66	420.74	10.099	11.11	6.06	5.05	0.83	10.95
3.01	0.0210	41.71	414.97	9.950	10.97	5.99	4.98	0.83	10.80
3.16	0.0221	41.75	410.65	9.836	10.85	5.93	4.92	0.83	10.69
3.31	0.0231	41.79	404.31	9.674	10.69	5.85	4.84	0.83	10.53
3.47	0.0242	41.84	397.68	9.505	10.52	5.77	4.75	0.82	10.36
3.62	0.0252	41.88	391.92	9.357	10.37	5.69	4.68	0.82	10.22
3.77	0.0263	41.93	383.27	9.141	10.16	5.59	4.57	0.82	10.01
3.92	0.0273	41.97	376.93	8.980	9.99	5.50	4.49	0.82	9.85
4.07	0.0284	42.02	368.86	8.778	9.79	5.40	4.39	0.81	9.65
4.22	0.0294	42.07	360.22	8.563	9.58	5.30	4.28	0.81	9.44
4.37	0.0305	42.11	348.69	8.280	9.29	5.15	4.14	0.80	9.16
4.52	0.0315	42.16	340.05	8.066	9.08	5.05	4.03	0.80	8.95
4.67	0.0326	42.20	331.40	7.853	8.87	4.94	3.93	0.79	8.74
4.82	0.0336	42.25	322.18	7.626	8.64	4.83	3.81	0.79	8.51
4.97	0.0347	42.29	311.23	7.359	8.37	4.69	3.68	0.78	8.25
5.12	0.0357	42.34	305.47	7.215	8.23	4.62	3.61	0.78	8.11
5.27	0.0367	42.39	293.94	6.935	7.95	4.48	3.47	0.77	7.83
5.42	0.0378	42.43	285.29	6.723	7.74	4.38	3.36	0.77	7.62
5.57	0.0389	42.48	280.39	6.601	7.62	4.32	3.30	0.76	7.50
5.72	0.0399	42.52	273.77	6.438	7.45	4.23	3.22	0.76	7.34
5.87	0.0409	42.57	267.43	6.282	7.30	4.16	3.14	0.76	7.19
6.02	0.0420	42.62	262.24	6.153	7.17	4.09	3.08	0.75	7.06

RESULTADOS:

qmax=	6.116	kg/cm ²	qmax=	10.414	kg/cm ²	qmax=	13.032	kg/cm ²
deformación unit	1.81	mm	deformación unit	2.40	mm	deformación unit	1.81	mm



Observaciones :

Especimen 01

Esfuerzo de Falla :	$\sigma_{\pi} =$	6.116	Kg/cm ²
Esfuerzo :	$\sigma_1 =$	6.667	Kg/cm ²
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 =$	0.551	Kg/cm ²
Origen :	$O_1 =$	3.609	Kg/cm ²
Radio :	$R_1 =$	3.058	Kg/cm ²

Observaciones :

Especimen 0.2

Esfuerzo de Falla :	$\sigma_{\pi} =$	10.414	Kg/cm ²
Esfuerzo :	$\sigma_1 =$	11.429	Kg/cm ²
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 =$	1.015	Kg/cm ²
Origen :	$O_1 =$	6.222	Kg/cm ²
Radio :	$R_1 =$	5.207	Kg/cm ²

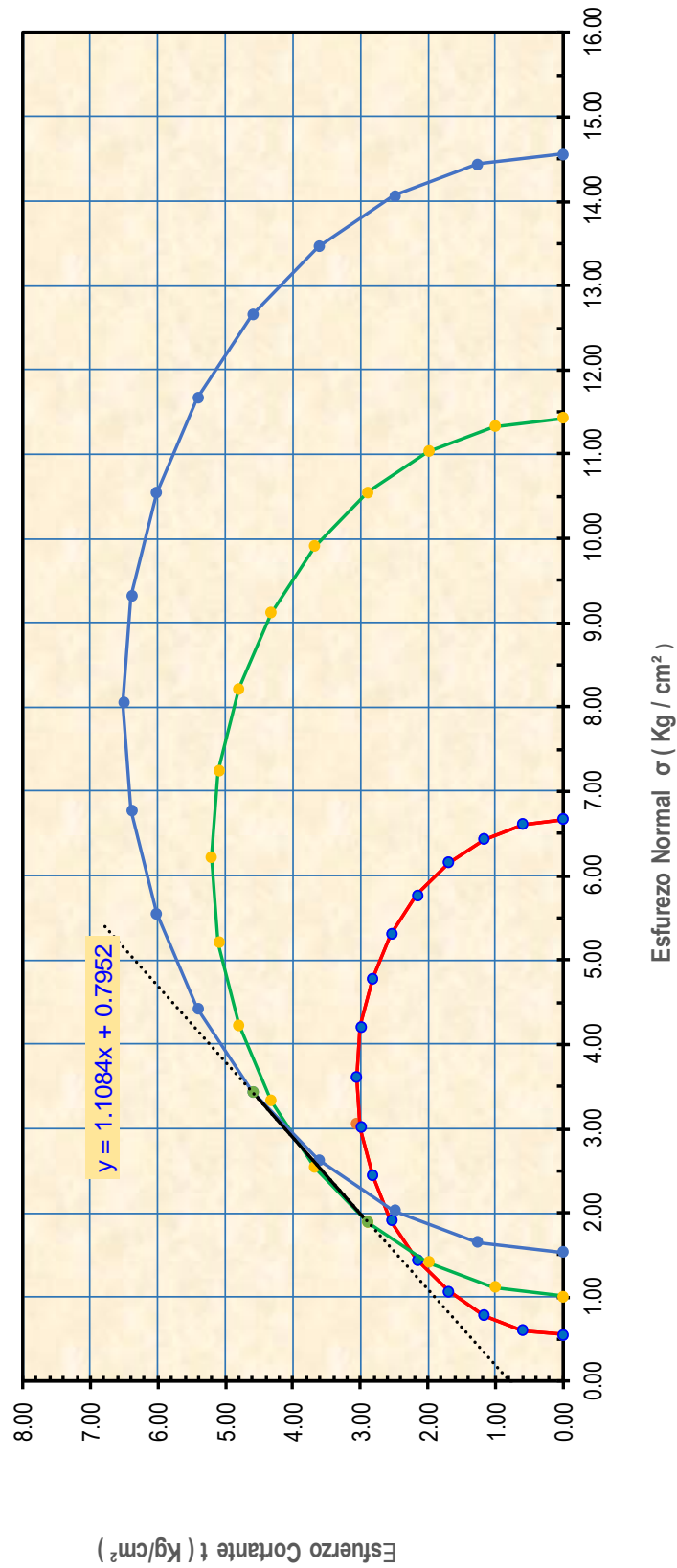
Observaciones :

Especimen 03

Esfuerzo de Falla :	$\sigma_{\pi} =$	13.032	Kg/cm ²
Esfuerzo :	$\sigma_1 =$	14.563	Kg/cm ²
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 =$	1.531	Kg/cm ²
Origen :	$O_1 =$	8.047	Kg/cm ²
Radio :	$R_1 =$	6.516	Kg/cm ²

Cohesion=	0.795	kg/cm ²
Angulo de friccion=	47.94	grados

CIRCULO DE MORH





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



PROYECTO: INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR
A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS

ENSAYO TRIAXIAL (UU)

(ASTM D 2850-95 / AASTHO T296-94)

UBICACIÓN: DISTRITO DE KELLUYO
CANTERA: CHIPANA
ADITIVO 0.50% ACEITE SULFONADO
FECHA: 1/07/2019

Velocidad de carga (mm/min)	0.50
Presion de celda σ_3 (kg/cm ²)	0.510

Estado de suelo:	Natural
Tipo de muestra:	Alterado -compactada

DATOS DE LA MUESTRA

Datos	Especimen 01	Especimen 02	Especimen 03
Peso (g)	1269.16	1257.78	1269.66
Diametro (cm)	7.18	7.18	7.19
Area (cm ²)	40.49	40.49	40.60
Altura (cm)	14.26	14.32	14.40
Densidad (g/cm ³)	2.20	2.17	2.17
Humedad (W %)	8.10	8.10	8.10



ESPECIMEN 01

Deformación (mm) ΔL	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corr. (cm ²) $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Carga (kg) P	Esfuerzo Desviador $\sigma = P / A'$	$\sigma_1 = \sigma + 3\sigma$	$p = (\sigma_1 + \sigma) / 2$	$q = (\sigma_1 - \sigma) / 2$	q/p	oblicuidad (σ_1 / σ_3)
0.00	0.0000	40.489	0.00	0.000	0.51	0.51	0.00	0.00	1.00
0.15	0.0011	40.533	69.16	1.706	2.22	1.36	0.85	0.63	4.35
0.30	0.0021	40.575	113.25	2.791	3.30	1.91	1.40	0.73	6.47
0.45	0.0032	40.618	158.50	3.902	4.41	2.46	1.95	0.79	8.65
0.60	0.0042	40.662	198.84	4.890	5.40	2.96	2.45	0.83	10.59
0.76	0.0053	40.705	227.66	5.593	6.10	3.31	2.80	0.85	11.97
0.90	0.0063	40.748	247.83	6.082	6.59	3.55	3.04	0.86	12.93
1.05	0.0074	40.790	258.78	6.344	6.85	3.68	3.17	0.86	13.44
1.21	0.0085	40.834	265.12	6.493	7.00	3.76	3.25	0.86	13.73
1.36	0.0095	40.879	268.00	6.556	7.07	3.79	3.28	0.87	13.85
1.51	0.0106	40.922	268.87	6.570	7.08	3.80	3.29	0.87	13.88
1.66	0.0116	40.965	270.31	6.598	7.11	3.81	3.30	0.87	13.94
1.81	0.0127	41.009	270.31	6.591	7.10	3.81	3.30	0.87	13.92
1.96	0.0138	41.054	268.00	6.528	7.04	3.77	3.26	0.86	13.80
2.11	0.0148	41.098	265.12	6.451	6.96	3.74	3.23	0.86	13.65
2.27	0.0159	41.143	262.24	6.374	6.88	3.70	3.19	0.86	13.50
2.41	0.0169	41.186	259.36	6.297	6.81	3.66	3.15	0.86	13.35
2.56	0.0180	41.230	253.59	6.151	6.66	3.59	3.08	0.86	13.06
2.71	0.0190	41.275	247.83	6.004	6.51	3.51	3.00	0.85	12.77
2.86	0.0201	41.318	239.19	5.789	6.30	3.40	2.89	0.85	12.35
3.01	0.0211	41.364	233.42	5.643	6.15	3.33	2.82	0.85	12.07
3.17	0.0222	41.408	221.90	5.359	5.87	3.19	2.68	0.84	11.51
3.31	0.0232	41.453	213.25	5.144	5.65	3.08	2.57	0.83	11.09
3.47	0.0243	41.498	201.72	4.861	5.37	2.94	2.43	0.83	10.53
3.62	0.0254	41.542	190.20	4.578	5.09	2.80	2.29	0.82	9.98
3.77	0.0264	41.588	178.67	4.296	4.81	2.66	2.15	0.81	9.42
3.92	0.0275	41.632	170.02	4.084	4.59	2.55	2.04	0.80	9.01
4.06	0.0285	41.677	164.26	3.941	4.45	2.48	1.97	0.79	8.73
4.22	0.0296	41.724	155.61	3.730	4.24	2.37	1.86	0.79	8.31
4.37	0.0307	41.770	149.85	3.588	4.10	2.30	1.79	0.78	8.03
4.52	0.0317	41.814	144.09	3.446	3.96	2.23	1.72	0.77	7.76
4.68	0.0328	41.862	138.32	3.304	3.81	2.16	1.65	0.76	7.48
4.82	0.0338	41.907	134.87	3.218	3.73	2.12	1.61	0.76	7.31
4.97	0.0349	41.952	131.98	3.146	3.66	2.08	1.57	0.76	7.17



ESPECIMEN 02

Deformación (mm) ΔL	Deformación Unitaria. $\epsilon = \Delta L / L_0$	Area corr. (cm ²) $A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	Carga (kg) P	Esfuerzo Desviador $\sigma = P / A'$	$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma$	p (kg/cm ²) $p = (\sigma_1 + \sigma_3) / 2$	q $q = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2$	q/p	oblicuidad (σ_1 / σ_3)
0.00	0.0000	40.49	0.00	0.000	1.02	1.02	0.00	0.00	1.00
0.15	0.0011	40.53	40.34	0.995	2.01	1.51	0.50	0.33	1.98
0.30	0.0021	40.57	74.93	1.847	2.86	1.94	0.92	0.48	2.82
0.45	0.0032	40.62	114.69	2.824	3.84	2.43	1.41	0.58	3.78
0.60	0.0042	40.66	155.61	3.827	4.84	2.93	1.91	0.65	4.77
0.75	0.0053	40.70	195.38	4.800	5.82	3.42	2.40	0.70	5.72
0.90	0.0063	40.75	230.54	5.658	6.67	3.85	2.83	0.74	6.57
1.05	0.0073	40.79	262.24	6.429	7.45	4.23	3.21	0.76	7.33
1.20	0.0084	40.83	284.72	6.973	7.99	4.50	3.49	0.77	7.86
1.35	0.0095	40.88	304.89	7.459	8.47	4.75	3.73	0.79	8.34
1.51	0.0105	40.92	317.86	7.768	8.78	4.90	3.88	0.79	8.65
1.65	0.0115	40.96	328.52	8.020	9.04	5.03	4.01	0.80	8.89
1.80	0.0126	41.01	337.17	8.222	9.24	5.13	4.11	0.80	9.09
1.95	0.0137	41.05	342.93	8.354	9.37	5.19	4.18	0.80	9.22
2.11	0.0147	41.09	345.81	8.415	9.43	5.22	4.21	0.81	9.28
2.26	0.0158	41.14	348.69	8.476	9.49	5.25	4.24	0.81	9.34
2.41	0.0168	41.18	351.00	8.523	9.54	5.28	4.26	0.81	9.39
2.56	0.0179	41.23	351.27	8.521	9.54	5.28	4.26	0.81	9.39
2.71	0.0189	41.27	351.00	8.505	9.52	5.27	4.25	0.81	9.37
2.86	0.0200	41.31	348.69	8.440	9.46	5.24	4.22	0.81	9.31
3.01	0.0210	41.36	345.81	8.361	9.38	5.20	4.18	0.80	9.23
3.16	0.0221	41.40	342.93	8.283	9.30	5.16	4.14	0.80	9.15
3.31	0.0231	41.45	340.05	8.204	9.22	5.12	4.10	0.80	9.08
3.46	0.0242	41.49	337.17	8.126	9.14	5.08	4.06	0.80	9.00
3.62	0.0252	41.54	331.40	7.978	8.99	5.01	3.99	0.80	8.85
3.77	0.0263	41.58	326.50	7.852	8.87	4.94	3.93	0.79	8.73
3.92	0.0274	41.63	322.18	7.739	8.76	4.89	3.87	0.79	8.62
4.07	0.0284	41.67	315.55	7.572	8.59	4.80	3.79	0.79	8.45
4.22	0.0295	41.72	308.35	7.391	8.41	4.71	3.70	0.78	8.27
4.37	0.0305	41.76	299.70	7.176	8.19	4.60	3.59	0.78	8.06
4.52	0.0316	41.81	293.94	7.030	8.05	4.53	3.52	0.78	7.92
4.67	0.0326	41.85	286.16	6.837	7.85	4.43	3.42	0.77	7.73
4.82	0.0337	41.90	279.53	6.671	7.69	4.35	3.34	0.77	7.57
4.97	0.0347	41.95	273.19	6.513	7.53	4.27	3.26	0.76	7.41
5.12	0.0358	41.99	265.12	6.314	7.33	4.17	3.16	0.76	7.21
5.28	0.0369	42.04	259.36	6.169	7.19	4.10	3.08	0.75	7.07
5.43	0.0379	42.08	253.59	6.026	7.04	4.03	3.01	0.75	6.93
5.58	0.0390	42.13	247.83	5.882	6.90	3.96	2.94	0.74	6.79



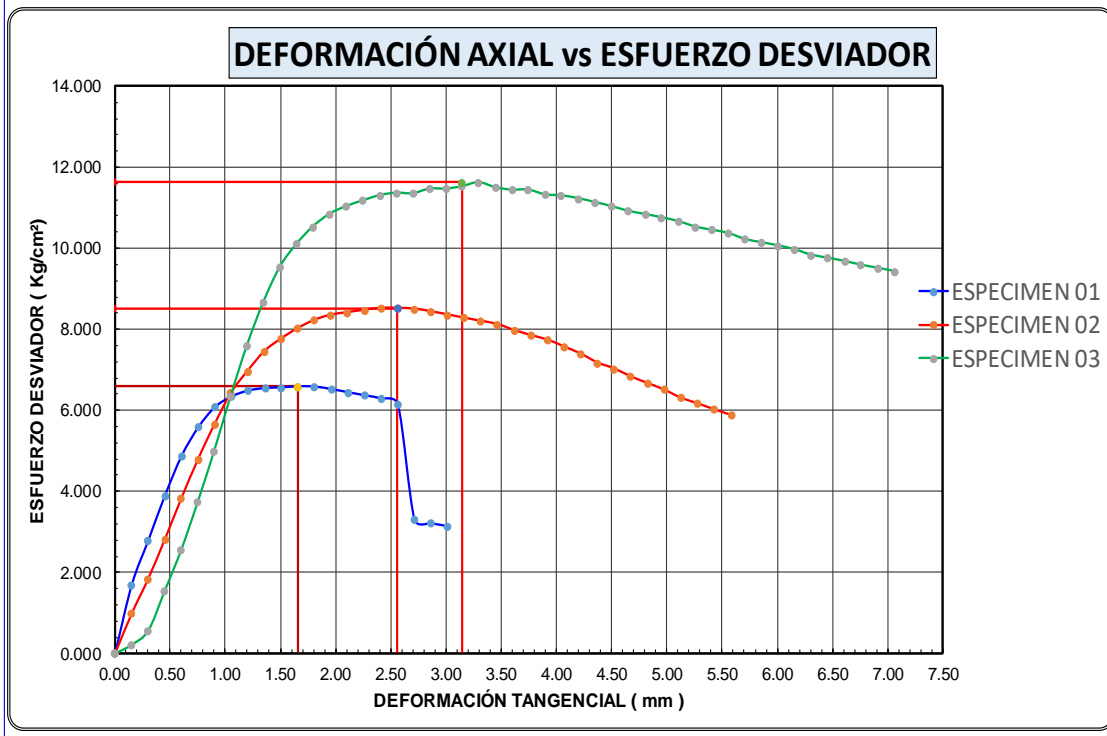
ESPECIMEN 03

Deformación (mm)	Deformación Unitaria.	Area corr. (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo Desviador		p (kg/cm ²)	q	q/p	oblicuidad
ΔL	$\epsilon = \Delta L / L_0$	$A' = A_0 / (1 - \epsilon)$	P	$\sigma = P / A'$	$\sigma_1 = \sigma \cdot 3 / \sigma$	$p = (\sigma_1 + \sigma \cdot 3) / 2$	$q = (\sigma_1 - \sigma \cdot 3) / 2$		(σ_1 / σ_3)
0.00	0.0000	40.60	0.00	0.000	1.55	1.55	0.00	0.00	1.00
0.15	0.0010	40.64	8.65	0.213	1.76	1.66	0.11	0.06	1.14
0.30	0.0021	40.69	23.05	0.567	2.12	1.83	0.28	0.15	1.37
0.45	0.0031	40.73	62.82	1.542	3.09	2.32	0.77	0.33	2.00
0.60	0.0042	40.77	104.61	2.566	4.12	2.83	1.28	0.45	2.66
0.75	0.0052	40.81	152.73	3.742	5.29	3.42	1.87	0.55	3.41
0.90	0.0062	40.86	204.03	4.994	6.54	4.05	2.50	0.62	4.22
1.05	0.0073	40.90	259.36	6.341	7.89	4.72	3.17	0.67	5.09
1.19	0.0083	40.94	311.23	7.602	9.15	5.35	3.80	0.71	5.90
1.34	0.0093	40.98	355.32	8.670	10.22	5.88	4.33	0.74	6.59
1.50	0.0104	41.03	391.92	9.552	11.10	6.33	4.78	0.75	7.16
1.64	0.0114	41.07	414.97	10.104	11.65	6.60	5.05	0.77	7.52
1.79	0.0125	41.11	433.13	10.535	12.08	6.82	5.27	0.77	7.80
1.95	0.0135	41.16	446.67	10.852	12.40	6.98	5.43	0.78	8.00
2.10	0.0146	41.20	454.74	11.037	12.59	7.07	5.52	0.78	8.12
2.25	0.0156	41.25	461.08	11.179	12.73	7.14	5.59	0.78	8.21
2.40	0.0167	41.29	466.84	11.306	12.86	7.20	5.65	0.78	8.29
2.55	0.0177	41.33	469.73	11.364	12.91	7.23	5.68	0.79	8.33
2.70	0.0188	41.38	469.73	11.352	12.90	7.23	5.68	0.79	8.32
2.85	0.0198	41.42	474.91	11.465	13.02	7.28	5.73	0.79	8.40
3.00	0.0208	41.47	475.49	11.467	13.02	7.28	5.73	0.79	8.40
3.15	0.0218	41.51	478.37	11.525	13.07	7.31	5.76	0.79	8.44
3.29	0.0229	41.55	483.06	11.625	13.18	7.36	5.81	0.79	8.50
3.45	0.0239	41.60	478.37	11.500	13.05	7.30	5.75	0.79	8.42
3.60	0.0250	41.64	476.35	11.439	12.99	7.27	5.72	0.79	8.38
3.74	0.0260	41.69	477.02	11.443	12.99	7.27	5.72	0.79	8.38
3.89	0.0270	41.73	472.61	11.325	12.88	7.21	5.66	0.79	8.31
4.04	0.0281	41.77	472.03	11.299	12.85	7.20	5.65	0.78	8.29
4.20	0.0291	41.82	469.73	11.232	12.78	7.17	5.62	0.78	8.25
4.34	0.0302	41.87	466.27	11.137	12.69	7.12	5.57	0.78	8.19
4.50	0.0312	41.91	462.52	11.036	12.59	7.07	5.52	0.78	8.12
4.65	0.0323	41.96	458.20	10.921	12.47	7.01	5.46	0.78	8.05
4.80	0.0334	42.00	455.32	10.840	12.39	6.97	5.42	0.78	7.99
4.95	0.0344	42.05	452.44	10.760	12.31	6.93	5.38	0.78	7.94
5.10	0.0354	42.09	448.98	10.666	12.22	6.88	5.33	0.77	7.88
5.26	0.0365	42.14	443.79	10.531	12.08	6.82	5.27	0.77	7.79
5.41	0.0375	42.19	440.91	10.452	12.00	6.78	5.23	0.77	7.74
5.56	0.0386	42.23	438.03	10.372	11.92	6.74	5.19	0.77	7.69
5.71	0.0396	42.28	432.26	10.224	11.77	6.66	5.11	0.77	7.60
5.86	0.0407	42.32	429.38	10.145	11.70	6.62	5.07	0.77	7.55
6.01	0.0417	42.37	426.50	10.066	11.62	6.58	5.03	0.76	7.49
6.16	0.0428	42.42	423.04	9.974	11.52	6.54	4.99	0.76	7.43
6.30	0.0438	42.46	417.85	9.841	11.39	6.47	4.92	0.76	7.35
6.46	0.0448	42.51	414.97	9.762	11.31	6.43	4.88	0.76	7.30
6.61	0.0459	42.55	412.09	9.684	11.23	6.39	4.84	0.76	7.25
6.76	0.0469	42.60	408.63	9.592	11.14	6.35	4.80	0.76	7.19
6.91	0.0480	42.65	405.75	9.514	11.06	6.31	4.76	0.75	7.14
7.06	0.0490	42.70	402.87	9.436	10.99	6.27	4.72	0.75	7.09



RESULTADOS:

qmax=	6.598	kg/cm ²	qmax=	8.523	kg/cm ²	qmax=	11.625	kg/cm ²
deformación unit	1.66	mm	deformación unit	2.56	mm	deformación unit	3.15	mm



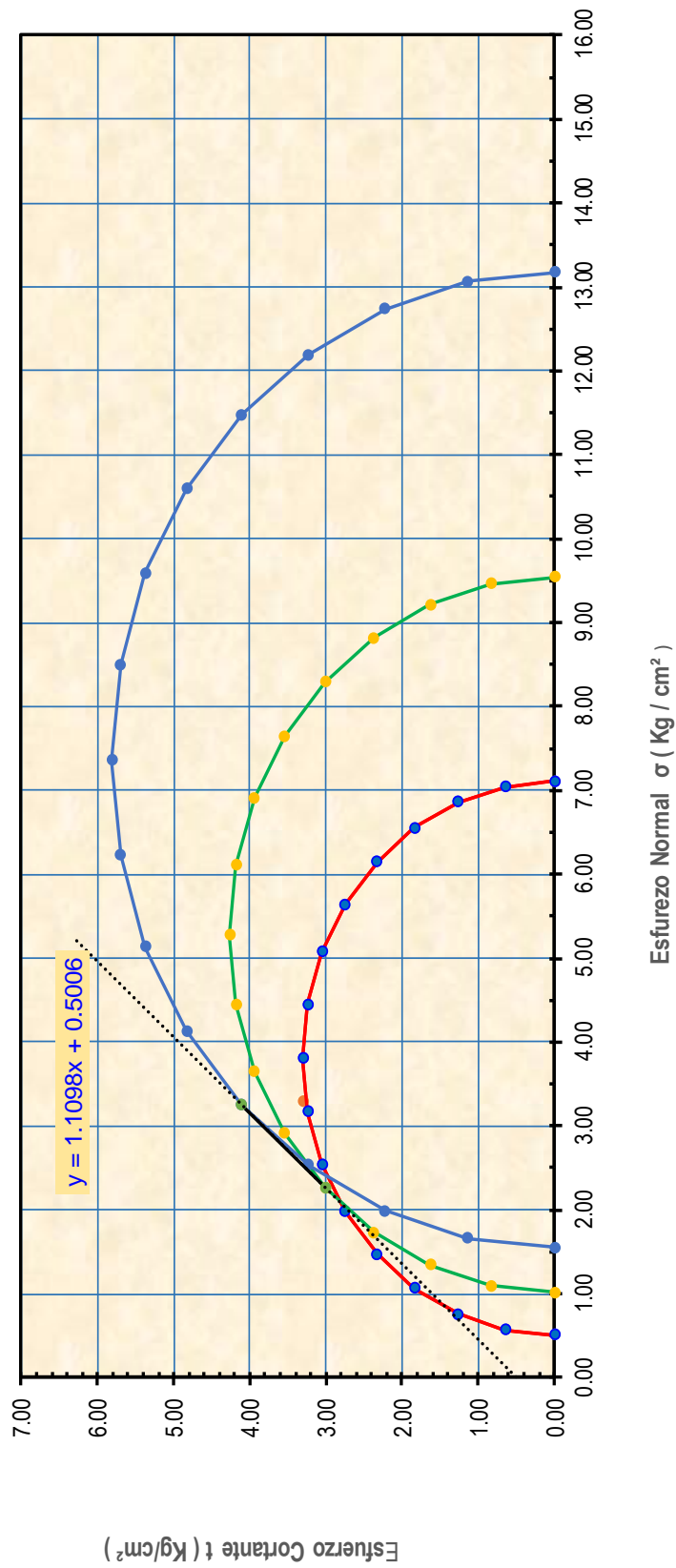
Observaciones :		Especimen 01	
Esfuerzo de Falla :	$\sigma_{\pi} =$	6.598	Kg/cm ²
Esfuerzo :	$\sigma_1 =$	7.108	Kg/cm ²
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 =$	0.510	Kg/cm ²
Origen :	$O_1 =$	3.809	Kg/cm ²
Radio :	$R_1 =$	3.299	Kg/cm ²

Observaciones :		Especimen 0.2	
Esfuerzo de Falla :	$\sigma_{\pi} =$	8.523	Kg/cm ²
Esfuerzo :	$\sigma_1 =$	9.539	Kg/cm ²
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 =$	1.016	Kg/cm ²
Origen :	$O_1 =$	5.278	Kg/cm ²
Radio :	$R_1 =$	4.262	Kg/cm ²

Observaciones :		Especimen 03	
Esfuerzo de Falla :	$\sigma_{\pi} =$	11.625	Kg/cm ²
Esfuerzo :	$\sigma_1 =$	13.175	Kg/cm ²
Esfuerzo de Ensayo :	$\sigma_3 =$	1.550	Kg/cm ²
Origen :	$O_1 =$	7.363	Kg/cm ²
Radio :	$R_1 =$	5.813	Kg/cm ²

Cohesion=	0.501	kg/cm ²
Angulo de friccion=	47.98	grados

CIRCULO DE MORH





Anexo H

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS, SUBPARTIDAS Y RESOLUCIÓN DE PRECIO DE MAQUINARIAS DEL GOBIERNO REGIONAL PUNO

Análisis de costos unitarios para diferentes propuestas de diseño de base granular

01.01.01 MATERIAL LIGANTE DE CANTERA CHIPANA						
Partida	01.01.01	MATERIAL LIGANTE DE CANTERA CHIPANA				
Rendimiento	m3/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : m3		10.75
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0295010004	Materiales PAGO POR EXTRACCION DE CANTERAS	m3		1.0000	3.00	3.00
	Subpartidas					3.00
010303050403	ZARANDEO DE MATERIAL LIGANTE DE CANTERA CHIPANA	m3		1.0000	3.37	3.37
010303060302	CARGUIO DE MATERIAL	m3		1.0000	2.31	2.31
010716020103	EXTRACCION Y APILAMIENTO DE MATERIAL LIGANTE DE CANTERA CHIPANA	m3		1.0000	2.07	2.07
						7.75
01.01.02 CONFORMACION DE BASE GRANULAR DOSIFICADO CON ACEITE SULFONADO						
Partida	01.01.02	CONFORMACION DE BASE GRANULAR DOSIFICADO CON ACEITE SULFONADO				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 600.0000	EQ. 600.0000	Costo unitario directo por : m2		31.84
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0133	9.98	0.13
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0133	8.91	0.12
						0.25
	Materiales					
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.1866	20.93	3.91
0295010005	ACEITE SULFONADO	kg		3.2745	7.00	22.92
						26.83
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.25	0.01
03011000060002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7-9 ton	hm	2.0000	0.0267	103.10	2.75
03012000010001	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	1.0000	0.0133	150.00	2.00
						4.76



Partida	01.01.03	TRANSPORTE DE MATERIAL DE CANTERA CHIPANA A MAS DE 120M.							
Rendimiento	m3k/DIA	MO. 1,500.0000	EQ. 1,500.0000					Costo unitario directo por : m3k	0.55
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.			
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0053	9.98	0.05			0.05
	Mano de Obra								
	Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.05				
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0053	93.80	0.50			0.50
									0.50

Partida	01.02.01	MATERIAL LIGANTE DE CANTERA CHIPANA							
Rendimiento	m3/DIA	MO.	EQ.					Costo unitario directo por : m3	10.75
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.			
	Materiales								
0295010004	PAGO POR EXTRACCION DE CANTERAS	m3		1.0000	3.00	3.00			3.00
	Subpartidas								
010303050403	ZARANDEO DE MATERIAL LIGANTE DE CANTERA CHIPANA	m3		1.0000	3.37	3.37			3.37
010303060302	CARGUIO DE MATERIAL	m3		1.0000	2.31	2.31			2.31
010716020103	EXTRACCION Y APILAMIENTO DE MATERIAL LIGANTE DE CANTERA CHIPANA	m3		1.0000	2.07	2.07			2.07
									7.75

Partida 01.02.02 CONFORMACION DE BASE GRANULAR DOSIFICADO CON CLORURO DE CALCIO

Rendimiento	m2/DIA	MO. 600.0000	EQ. 600.0000	Costo unitario directo por : m2				57.69
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0133	9.98	0.13		
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0133	8.91	0.12		
	Materiales							
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.1884	20.93	3.94		
0295010006	CLORURO DE CALCIO	kg		10.8302	4.50	48.74		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.25	0.01		
03011000060002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7- 9 ton	hm	2.0000	0.0267	103.10	2.75		
03012000010001	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	1.0000	0.0133	150.00	2.00		
						4.76		

Partida 01.02.03 TRANSPORTE DE MATERIAL DE CANTERA CHIPANA A MAS DE 120M.

Rendimiento	m3k/DIA	MO. 1,500.0000	EQ. 1,500.0000	Costo unitario directo por : m3k				0.55
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0053	9.98	0.05		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.05	0.05		
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0053	93.80	0.50		
						0.50		

01.03.01 AGREGADO FINO LIGANTE DE CANTERA CHIPANA								
Partida	m3/DIA	MO. 1,000.0000	EQ. 1,000.0000	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Rendimiento	Costo unitario directo por : m3						17.08	
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0295010004	PAGO POR EXTRACCION DE CANTERAS			m3		1.0000	3.00	3.00
	Subpartidas							
010303050405	ZARANDEO DE MATERIAL FINO DE CANTERA CHIPANA			m3		1.0000	9.70	9.70
010303060302	CARGUIO DE MATERIAL			m3		1.0000	2.31	2.31
010716020103	EXTRACCION Y APILAMIENTO DE MATERIAL LIGANTE DE CANTERA CHIPANA			m3		1.0000	2.07	2.07
							14.08	
01.03.02 AGREGADO GRUESO HORMIGON DE CANTERA CHALLACOLLO								
Partida	m3/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Rendimiento	Costo unitario directo por : m3						15.43	
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0295010007	PAGO POR EXTRACCION DE CANTERAS DE HORMIGON			m3		1.0000	3.00	3.00
	Subpartidas							
010303050404	ZARANDEO DE MATERIAL HORMIGON DE CANTERA CHALLACOLLO			m3		1.0000	8.05	8.05
010303060302	CARGUIO DE MATERIAL			m3		1.0000	2.31	2.31
010716020104	EXTRACCION Y APILAMIENTO DE MATERIAL HORMIGON DE CANTERA CHALLACOLLO			m3		1.0000	2.07	2.07
							12.43	

Partida 01.03.03 CONFORMACION DE BASE GRANULAR E=20 CM (INC. BATIDO)						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 400.0000	EQ. 400.0000	Costo unitario directo por : m2	7.51	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0200	9.98	0.20
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0200	8.91	0.18
						0.38
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.38	0.01
03011000060002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7- 9 ton	hm	2.0000	0.0400	103.10	4.12
03012000010001	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	1.0000	0.0200	150.00	3.00
						7.13

Partida 01.03.04 TRANSPORTE DE MATERIAL DE CANTERA CHIPANA A MAS DE 120M.						
Rendimiento	m3k/DIA	MO. 1,500.0000	EQ. 1,500.0000	Costo unitario directo por : m3k	0.55	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0053	9.98	0.05
						0.05
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.05	0.50
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0053	93.80	0.50
						0.50

Partida	01.03.05	TRANSPORTE DE MATERIAL DE CANTERA CHALLACOLLO A MAS DE 120M.				
Rendimiento	m3k/DIA	MO. 1,500.0000	EQ. 1,500.0000	Costo unitario directo por : m3k		0.55
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0053	9.98	0.05
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.05	0.05
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0053	93.80	0.50
03012200040001						0.50
Partida	01.04.01	MATERIAL HORMIGON				
Rendimiento	m3/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : m3		12.37
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0295010007	PAGO POR EXTRACCION DE CANTERAS DE HORMIGON	m3		1.0000	3.00	3.00
010303050407	ZARANDEO DE MATERIAL	m3		1.1700	2.72	3.18
010303060302	CARGUJO DE MATERIAL	m3		1.1700	2.31	2.70
010716020102	EXTRACCION Y APILAMIENTO DE HORMIGON	m3		1.0700	3.26	3.49
						9.37

01.04.02 MATERIAL CHANCADO								
Partida	m3/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
Rendimiento	Costo unitario directo por : m3						56.47	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.	
	Subpartidas							
010303050408	ZARANDEO DE MATERIAL CHANCADO		m3		1.1300	9.08	10.26	
010303060303	CARGUIO DE MATERIAL CHANCADO		m3		1.1300	2.26	2.55	
010716020105	EXTRACCION Y APILAMIENTO DE MATERIAL CHANCADO		m3		1.1300	4.12	4.66	
010716050203	CHANCADO		m3		1.1200	34.82	39.00	
							56.47	
01.04.03 CONFORMACION DE BASE GRANULAR CON MAQUINARIA PESADA								
Partida	m2/DIA	MO. 1,400.0000	EQ. 1,400.0000	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.
Rendimiento	Costo unitario directo por : m2						2.55	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.	
	Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL		hh	2.0000	0.0114	9.98	0.11	
0101010005	PEON		hh	10.0000	0.0571	8.91	0.51	
							0.62	
	Materiales							
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.0220	20.93	0.46	
							0.46	
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.62	0.02	
03011000060002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7-9 ton		hm	1.0000	0.0057	103.10	0.59	
03012000010001	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP		hm	1.0000	0.0057	150.00	0.86	
							1.47	

01.04.04 TRANSPORTE DE MATERIAL HORMIGON A MAS DE 120M ET									
Partida	01.04.04	TRANSPORTE DE MATERIAL HORMIGON A MAS DE 120M ET							
Rendimiento	m3k/DIA	MO. 1,500.0000	EQ. 1,500.0000	Costo unitario directo por : m3k				0.55	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.			
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0053	9.98	0.05			
						0.05			
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.05				
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0053	93.80	0.50			
						0.50			

01.04.05 TRANSPORTE DE MATERIAL CHANCADO A MAS DE 120M ET									
Partida	01.04.05	TRANSPORTE DE MATERIAL CHANCADO A MAS DE 120M ET							
Rendimiento	m3k/DIA	MO. 1,500.0000	EQ. 1,500.0000	Costo unitario directo por : m3k				0.55	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio SI.	Parcial SI.			
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0053	9.98	0.05			
						0.05			
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.05				
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0053	93.80	0.50			
						0.50			

SUBPARTIDAS DE PRESUPUESTO

Partida	m3/DIA	(010303050403-1103002-01) ZARANDEO DE MATERIAL LIGANTE DE CANTERA CHIPANA	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Rendimiento	m3/DIA						Costo unitario directo por : m3	3.37
							EQ.860.00	
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.0093	8.91	0.08	
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0093	9.98	0.09	
							0.18	
		Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.17	0.01	
0301400004	ZARANDA		hm	1.0000	0.0093	10.00	0.09	
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3		hm	1.0000	0.0093	145.92	1.36	
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3		hm	2.0000	0.0186	93.80	1.74	
							3.20	
Partida	m3/DIA	(010303050404-1103002-01) ZARANDEO DE MATERIAL HORMIGON DE CANTERA CHALLACOLLO	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Rendimiento	m3/DIA						Costo unitario directo por : m3	8.05
							EQ.370.00	
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.0216	8.91	0.19	
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0216	9.98	0.22	
							0.41	
		Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.41	0.01	
0301400005	ZARANDA DOBLE APERTURA		hm	1.0000	0.0216	20.00	0.43	
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3		hm	1.0000	0.0216	145.92	3.15	
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3		hm	2.0000	0.0432	93.80	4.05	
							7.65	

Partida		(010303050405-1103002-01) ZARANDEO DE MATERIAL FINO DE CANTERA CHIPANA		Costo unitario directo por : m3		9.70	
Rendimiento	m3/DIA	MO.300.00	EQ.300.00				
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.0267	8.91	0.24
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0267	9.98	0.27
							0.50
		Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.51	0.02
0301400004	ZARANDA		hm	1.0000	0.0267	10.00	0.27
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3		hm	1.0000	0.0267	145.92	3.90
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3		hm	2.0000	0.0533	93.80	5.00
							9.18
Partida		(010303050407-1103002-01) ZARANDEO DE MATERIAL		Costo unitario directo por : m3		2.72	
Rendimiento	m3/DIA	MO.528.00	EQ.528.00				
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0101010004	OFICIAL		hh	0.5000	0.0076	9.98	0.08
0101010005	PEON		hh	2.0000	0.0303	8.91	0.27
							0.35
		Equipos					
0301400004	ZARANDA		hm	1.0000	0.0152	10.00	0.15
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3		hm	1.0000	0.0152	145.92	2.22
							2.37

Partida		(010303050408-1103002-01) ZARANDEO DE MATERIAL CHANCADO		Costo unitario directo por : m3		9.08
Rendimiento	m3/DIA	MO.300.00	EQ.300.00			
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0101010003	OPERARIO	hh	3.0000	0.0800	11.04	0.88
0101010005	PEON	hh	5.0000	0.1333	8.91	1.19
	Mano de Obra					2.07
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.07	0.06
03014000040001	ZARANDA VIBRATORIA 140 HP - 100 ton/h (INC. G.E.)	hm	1.0000	0.0267	60.00	1.60
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	0.5500	0.0147	145.92	2.15
03012500010004	GRUPO ELECTROGENO DE 150 KW.	hm	1.0000	0.0267	120.00	3.20
	Equipos					7.01
Partida		(010303060302-1103002-01) CARGUIO DE MATERIAL		Costo unitario directo por : m3		2.31
Rendimiento	m3/DIA	MO.540.00	EQ.540.00			
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0148	9.98	0.15
	Mano de Obra					0.15
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.15	0.00
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	1.0000	0.0148	145.92	2.16
	Equipos					2.16

Partida	(010303060303-1103002-01) CARGUIO DE MATERIAL CHANCADO		Costo unitario directo por : m3		2.26		
Rendimiento	m3/DIA	MO.550.00	EQ.350.00				
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0145	9.98	0.14 0.14
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.14	0.00
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3		hm	1.0000	0.0145	145.92	2.12 2.12
Partida	(010716020102-1103002-01) EXTRACCION Y APILAMIENTO DE HORMIGON		Costo unitario directo por : m3		3.26		
Rendimiento	m3/DIA	MO.370.00	EQ.370.00				
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0101010004	OFICIAL		hh	0.5000	0.0108	9.98	0.11 0.11
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3		hm	1.0000	0.0216	145.92	3.15 3.15
Partida	(010716020103-1103002-01) EXTRACCION Y APILAMIENTO DE MATERIAL LIGANTE DE CANTERA CHIPANA		Costo unitario directo por : m3		2.07		
Rendimiento	m3/DIA	MO.1.000.00	EQ.1.000.00				
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0080	9.98	0.08 0.08
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.08	0.00
03011700010001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP		hm	1.0000	0.0080	249.32	1.99 1.99
							2.00 2.00

(010716020104-1103002-01) EXTRACCION Y APILAMIENTO DE MATERIAL HORMIGON DE CANTERA CHALLACOLLO						
Partida	m3/DIA	MO.1,000.00	EQ.1,000.00	Costo unitario directo por : m3	2.07	
Rendimiento						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0080	9.98	0.08
	Mano de Obra					0.08
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.08	0.00
03011700010001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP	hm	1.0000	0.0080	249.32	1.99
						2.00

(010716020105-1103002-01) EXTRACCION Y APILAMIENTO DE MATERIAL CHANCADO						
Partida	m3/DIA	MO.1,100.00	EQ.1,100.00	Costo unitario directo por : m3	4.12	
Rendimiento						
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0073	9.98	0.07
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.0436	8.91	0.39
	Mano de Obra					0.46
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.46	0.01
03011700010001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP	hm	1.0000	0.0073	249.32	1.82
0301180002	TRACTOR DE ORUGAS	hm	1.0000	0.0073	250.25	1.83
						3.66



Partida	(010716050203-1103002-01) CHANCADO	Costo unitario directo por : m3	Parcial S/.			
Rendimiento	m3/DIA	EQ.200.00				
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.0800	11.04	0.88
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.1600	8.91	1.43
	Equipos					2.31
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.31	0.12
03012500010004	GRUPO ELECTROGENO DE 150 KW.	hm	1.0000	0.0400	120.00	4.80
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	1.0000	0.0400	145.92	5.84
0301400001	CHANCADORA PRIMARIA SECUNDARIA	hm	1.0000	0.0400	543.80	21.75
						32.50

PLANILLA DE METRADOS DIARIOS - TESIS									
INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACION DE BASE GRANULAS A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS									
ITEM	DESCRIPCION	LIND.	CANT.	ANCHO	LONG.	ALTO	SUB TOTAL	TOTAL	
01.01	CONFORMACION DE BASE GRANULAR MEJORADO CON ACEITE SULFONADO AL 0.15%								
01.01.01	MATERIAL LIGANTE DE CANTERA CHIPANA material de cantera chipana en prog. 00+000 - 00+500 Espojamiento + desperdicio	M3	100.00%	5.00 m	500.00 m	0.20 m	500	600	
01.01.02	CONFORMACION DE BASE GRANULAR MEJORADO CON ACEITE SULFONADO AL 0.15%								
01.01.03	TRANSPORTE DE MATERIAL DE CANTERA CHIPANA A MAS DE 120M. Material de cantera chipana con un espojamiento y desperdicio de 20% a prog. 00+000 - 00+500 desvio de cantera en prog. : 06+180	M3K	600 M3	5.00 m	500.00 m	0.20 m	500	3900	
01.02	CONFORMACION DE BASE GRANULAR MEJORADO CON CLORURO DE CALCIO AL 0.50%								
01.02.01	MATERIAL LIGANTE DE CANTERA CHIPANA material de cantera chipana en prog. 00+000 - 00+500 Espojamiento + desperdicio		100.00%	5.00 m	500.00 m	0.20 m	500	600	
01.02.02	CONFORMACION DE BASE GRANULAR DUSIFICADO CON CLORURO DE CALCIO material de cantera Challaacolla: en prog. 00+000 - 00+500 Espojamiento + desperdicio	M3	20.00%				100	500	
01.02.03	TRANSPORTE DE MATERIAL DE CANTERA CHIPANA A MAS DE 120M. Material de cantera chipana con un espojamiento y desperdicio de 20% a prog. 00+000 - 00+500 desvio de cantera en prog. : 06+180	M3K	600 M3	5.00 m	500.00 m	0.20 m	500	3900	
01.03	CONFORMACION DE BASE GRANULAR MEJORADO CON DOS CANTERAS								
01.03.01	AGREGADO FINO LIGANTE DE CANTERA CHIPANA material de cantera chipana en prog. 00+000 - 00+500 Espojamiento + desperdicio	M3	51.63%	5.00 m	500.00 m	0.20 m	258.15	310	
			20.00%				51.63		

PLANILLA DE METRADOS DIARIOS - TESIS									
INFLUENCIA DEL ACEITE SULFOADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACION DE BASE GRANULAS A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS									
ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	ANCHO	LONG.	ALTO	SUB TOTAL	TOTAL	
01.03.02	AGREGADO GRUESO HORMIGON DE CANTERA CHALLACOLLO material de cantera chipana en prog. 00+000 - 00+500 Esporjamiento + desperdicio	M3	48.37%	5.00 m	500.00 m	0.20 m	241.85	278	
01.03.03	CONFORMACION DE BASE GRANULAR E=20 CM (INC. BATIDD) material de cantera Challaacolla: en prog. 00+000 - 00+500	M3	100.00%	5.00 m	500.00 m	0.20 m	500	500	
01.03.04	TRANSPORTE DE MATERIAL DE CANTERA CHIPANA A MAS DE 1ZDM. Materia de cantera chipana con un esporjamientoy desperdicio de 20% a prog. 00+000 - 00+500 desvio de cantera en prog. : 06+180	M3K	310 M3	Daccesor: 0.570 km Dtraslado: 5.930 km		Dmedia: 6.500 km	2015	2015	
01.03.05	TRANSPORTE DE MATERIAL DE CANTERA CHALLACOLLO A MAS DE 1ZDM. Materia de cantera chipana con un esporjamientoy desperdicio de 20% a prog. 00+000 - 00+500 desvio de cantera en prog. : 14+200	M3K	278 M3	Daccesor: 1.675 km Dtraslado: 13.950 km		Dmedia: 15.625 km	4343.75	4344	
01.04	CONFORMACION DE BASE GRANULAR SEGUN EXPEDIENTE TECNICO								
01.04.01	MATERIAL HORMIGON material de cantera chipana en prog. 00+000 - 00+500 Esporjamiento + desperdicio	M3	70.00%	5.00 m	500.00 m	0.20 m	350	403	
01.04.02	MATERIAL CHANCADO material de cantera chipana en prog. 00+000 - 00+500 Esporjamiento + desperdicio	M3	15.00%				52.5	158	
01.04.03	CONFORMACION DE BASE GRANULAR CON MAQUINARIA PESADA material de cantera Challaacolla: en prog. 00+000 - 00+500	M2	30.00%	5.00 m	500.00 m	0.20 m	150	2500	
01.04.04	TRANSPORTE DE MATERIAL HORMIGON A MAS DE 1ZDM ET Materia de cantera chipana con un esporjamientoy desperdicio de 20% a prog. 00+000 - 00+500 desvio de cantera en prog. : 14+200	M3K	403 M3	Daccesor: 1.675 km Dtraslado: 13.950 km		Dmedia: 15.625 km	6296.875	6297	
01.04.05	TRANSPORTE DE MATERIAL CHANCADO A MAS DE 1ZDM ET Materia de cantera chipana con un esporjamientoy desperdicio de 20% a prog. 00+000 - 00+500 desvio de cantera en prog. : 10+030	M3K	158 M3	Daccesor: 0.500 km Dtraslado: 9.780 km		Dmedia: 10.280 km	1624.24	1624	



GOBIERNO REGIONAL PUNO
Gobierno General Regional

59. Equipos mecánicos

Resolución Gerencial General Regional

Nº 248 -2013-GGR-GR PUNO

PUNO, 05 JUN 2013

EL GERENTE GENERAL REGIONAL DEL GOBIERNO REGIONAL PUNO

Vistos los informes N° 054-2013-GRP/GRPPAT/SGRDI Oficio N° 326-2013-GR PUNO/GRPPAT Informe Legal N° 204-2013-GR PUNO/ORAJ Informe N° 010-2013-GR PUNO/GRPPAT sobre APROBACION DE DIRECTIVA REGIONAL MODIFICADA DE UTILIZACION, CONTROL Y MANTENIMIENTO DE LOS VEHICULOS Y MAQUINARIA EN EL GOBIERNO REGIONAL PUNO y

CONSIDERANDO

Que, conforme al contenido del informe N° 010-2013-GR PUNO/GRPPAT se tiene que a partir de la propuesta alcanzada por la Oficina Regional de Administración, se ha adecuado la Directiva Regional Utilización, Control y Mantenimiento de los Vehículos y Maquinaria en el Gobierno Regional Puno, de conformidad a la estructura organizacional vigente;

Que, la Directiva Regional Utilización, Control y Mantenimiento de los Vehículos y Maquinaria en el Gobierno Regional Puno tiene por objetivo garantizar la eficacia y eficiencia del uso, control, mantenimiento, consumo de combustible y lubricantes, que utilizan los vehículos y maquinaria en el Gobierno Regional Puno, con la finalidad de precisar normas y procedimientos que se deben aplicar para el uso y control de los mismos



En el marco de las facultades otorgadas por Decreto Legislativo N° 06-2012 GOBIERNO REGIONAL PUNO, aprobada por Resolución Ejecutiva Regional N° 100-2012-PR/GR PUNO

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR la DIRECTIVA REGIONAL N° 10-2013- GOBIERNO REGIONAL PUNO, UTILIZACION, CONTROL Y MANTENIMIENTO DE LOS VEHICULOS Y MAQUINARIA EN EL GOBIERNO REGIONAL PUNO, que consta de diez (10) Rubros y nueve (09) Anexos, contenidos en un (01) ejemplar de quince (15) folios, que forma parte de la presente resolución

ARTÍCULO SEGUNDO.- La Subgerencia de Equipo Mecánico dará cumplimiento a lo que dispone la Directiva Regional aprobada, en el Rubro X Vigencia y Distribución, respecto a su difusión



REGISTRESE, COMUNIQUESE Y ARCHIVASE
GOBIERNO REGIONAL PUNO
Gerencia General Regional
FREDY RONALD VILCAPAZA MAMANI
GERENTE GENERAL REGIONAL

130GR:214



COSTO HORA MAQUINA DE LAS MAQUINARIAS DE EQUIPO MECANICO - ORA - PUNO

Nº	MAQUINARIA	MARCA	MODELO	PRECIO POR HORA
001	Camion Volquete	MACK	GRANITE	S/. 93.80
003	Rodillo Neumatico	CATERPILLAR	PS 360	S/. 180.00
004	Rodillo tandem	CATERPILLAR	BITELLI	S/. 130.00
005	Rodillo Liso Vibratorio	INGERSOLL RAND	SD-100D	S/. 103.10
006	Tractor Oruga	KOMATSU	D65 EX 16	S/. 250.25
007	Excavadora	KOBELCO	SK-350	S/. 249.32
008	Motor niveladora	KOMATSU	GD 555 5	S/. 150.00
009	Cargador frontal	NEW HOLLAND	W190B	S/. 145.92
010	Retroexcavadora	JOHN DEERE	310 SK	S/. 98.48
011	Camion imprimador	INTERNATIONAL		S/. 183.00
012	Esparcidora/asfalto	TEREX		S/. 180.00
013	Compresora de aire	INGERSOLL RAND		S/. 37.45
014	Cisterna Agua	FORD		S/. 83.92
015	Grupo Electrogenero	SCANIA		S/. 120.00
016	Planta de asfalto	TEREX		S/. 1,300.00
017	Planta chancadora	FINLAY		S/. 543.34
018	Track Drill (COMPRESORA)	Atlas copco		S/. 70.00
019	Tracto camion cama baja			S/. 103.10
020	Tracto camion ranfla			S/. 130.00
021	Cisterna de Combustible			S/. 83.9
022	Camioneta			S/. 80.0

[Handwritten signature]

GOBIERNO REGIONAL PUNO
CPC ELVIS E. GONDO
JEFE OFICINA REGIONAL DE ADMINISTRACION



Industrial Insumos Químicos S.A.

Productos químicos para laboratorios e industrias en general

FICHA TÉCNICA

ACEITE SULFONADO

PRESENTACIÓN

- ENVASES POR 1 KG
- ENVASES POR 4 KG
- ENVASES POR 20 KG.
- ENVASES POR 25 KG.

DESCRIPCIÓN

El aceite sulfonado es un líquido viscoso de coloración parda, es una mezcla de aceites oxisulfitados, aceites minerales y aditivos.

USOS

Es una engrasante de buena penetración. Puede ser usado solo o con otros engrasantes, ya que es compatibles con aceites y grasas sulfatadas, sulfonadas, sulfitadas, etc.

CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS

Apariencia	Líquido viscoso de coloración parda
Composición	Producto base, aceite sulfonado
Materia grasa	72%
pH 1 - 10	5.8 - 6.5
Carácter	Aniónico

MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Conservar en un área ventilada, fresca. Mantenga el producto en su envase original o bien cerrado una vez abierto.

Benito Pardo Figueroa 147 – Balconcillo – La Victoria –
Telf. (01) 4741089 – (01) 4729750
Email: chubralu@ec-red.com; indiqsa@gmail.com; 08alipio@ec-red.com



CERTIFICADO DE ANÁLISIS

Certificamos que los datos a continuación remitimos corresponden a los datos recibidos de nuestro proveedor

CLORURO CALCIO ESCAMAS 77% - TÉCNICO

PRODUCTO : CLORURO CALCIO ESCAMAS 77% - GRADO TÉCNICO
LOTE : OY1212D
PRODUCCIÓN : ENE.2017
VENCIMIENTO : NO APLICA

PARÁMETRO	ESPECIFICACIONES	RESULTADO
Pureza	77% min.	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



**CONSTANCIA 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 tesistas, Bach: **JUAN LUIS MAMANI TOMA** y Bach: **LENER YONATHAN CALLATA CALLATA**, hicieron uso de los equipos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales - FICA, para realizar los ensayos requeridos para su proyecto de Tesis: "**INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS**". Conducentes a la obtención del Título profesional de Ingeniero Civil.

Los ensayos que realizaron son los siguientes.

Nº	ENSAYOS	CANTIDAD	U.M.
1	Contenido de Humedad	04	Und.
2	Análisis Granulométrico Por Lavado	03	Und.
3	Limites de Consistencia	07	Und.
4	Proctor Modificado	08	Und.
5	C.B.R.	08	Und.
6	Ensayo de Abrasión en Agregado Menos de 1½"	02	Und.
7	Compresión no Confinada en Suelos Cohesivos (min 4 muestras)	07	Und.
8	Compresión Triaxial (UU)	07	Und.

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. 05 de julio de 2019.



FICA - PUNO
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
Ing. Mariano Roberto Garcia Loorza
JEFE DE LABORATORIO



Puno, 05 de septiembre del 2019.

OFICIO N° 0510-2019-D-FICA-UNA

Señor
ING. SIXTO FLORES SANCHO
Director Zonal de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI Puno
PRESENTE.-



ASUNTO: SOLICITA BRINDAR FACILIDADES TESISTA.

REF. SOLICITUD.

Es grato dirigirme a usted, con la finalidad de saludarle y a su vez solicitar por su intermedio brindar facilidades a los tesisistas:

Bach. Juan Luis MAMNI TOMA
Bach. Lener Yonathan CALLATA CALLATA

Egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, quienes desean recopilar informaciones de datos para ejecutar el proyecto de investigación "INFLUENCIA DEL ACEITE SULFONADO Y CLORURO DE CALCIO EN LA CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR A ESTADO DE CONGELAMIENTO DE LAS CARRETERAS AFIRMADAS". Motivo por lo que solicito brindar facilidades en la obtención de datos, con fines de investigación y ejecución de tesis.

Agradeciendo anticipadamente por la atención al presente, aprovecho la ocasión para expresarle los sentimientos de mi especial consideración.

Atentamente,



Juan Iveliz Zavala Gomez
DECANA - FICA
UNA - PUNO

Cc:
Arch. 2019
Adj:
JIZG/lvc

9.9 ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE CALCIO

Este producto trabaja de forma similar a la sal común, pero es preferible debido al efecto oxidante que tiene el cloruro de sodio. En todo caso, el cloruro de calcio ayuda al proceso de compactación y contribuye con la resistencia del suelo, previene el desmoronamiento de la superficie y es un paliativo del polvo.

Las características higroscópicas de este producto ayudan a mantener la humedad en la superficie del camino.

Se puede utilizar de dos formas:

- En granos regulares o Tipo I
- En hojuelas o pelotillas o Tipo II

La dosificación es de 1% - 2% de cloruro de calcio en peso respecto del suelo seco. El mezclado, compactación y terminación son similares a los de la estabilización con cloruro de sodio; generalmente se aplica disuelto en agua mediante riego al comienzo de la temporada seca.

El suelo a estabilizar deberá presentar las siguientes características:

- 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 0.01% máximo.

9.10 ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE MAGNESIO

El cloruro de magnesio (MgCl) es un cloruro en forma de cristales de color blanco, más efectivo que el cloruro de calcio para incrementar la tensión superficial produciendo una superficie de rodado más dura. Químicamente, el cloruro de magnesio está constituido aproximadamente por un 10.5% de magnesio, un 33.5% de cloro, un 52% de agua y un 4% de impurezas, grasoso al tacto por su gran contenido de humedad. Para el uso vial presenta las siguientes propiedades útiles:

- Higroscópica: Posee la capacidad de absorber humedad del ambiente, incluso en zonas sumamente áridas.
- Ligante: Cohesiona las partículas finas, permitiendo consolidar la carpeta de rodado.
- Resistente a la evaporación: Posee una baja tensión de vapor, lo que permite que no se pierda la humedad absorbida.
- Baja temperatura de congelamiento: -32.8 °C.
- Altamente soluble en agua: Permite elaborar una solución en forma rápida y sencilla.