



**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

“INCIDENCIA DEL MATERIAL LIGANTE EN EL VALOR  
DEL CBR Y EN EL NIVEL DE AHUELLAMIENTO DE  
PAVIMENTOS A NIVEL DE AFIRMADO - CARRETERA  
DEPARTAMENTAL HVCA - HV 109 (KM 123 - KM 145)”

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**KAREM TIRSA GILVONIO JURADO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

**LIMA – PERÚ**

**MARZO, 2018**

## **DEDICATORIA**

Dedico a Dios que me ha dado la fortaleza y bienestar, a mis hermanos por estar ahí cuando más los necesité; en especial a mi madre por su ayuda y constante cooperación con mucho amor y cariño le dedico todo mi esfuerzo y trabajo puesto para la realización de esta tesis.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por siempre mostrarme el camino correcto, a todos los Ingenieros de la Facultad de Ingenierías y Arquitectura por todos los consejos y sabiduría dada hacia mi persona durante el desarrollo de la tesis. A mi madre y hermanos por el apoyo incondicional y la confianza vertida en todo momento.

## RESUMEN

El presente estudio de investigación propone una alternativa para mejorar el diseño de mezcla de pavimento a nivel de afirmado en la localidad de Huancavelica, Carretera Departamental HV 109, Km 123 - Km 145, de esta manera reducir en nivel de ahuellamiento y aumentar la resistencia potencial evaluada a través del estudio del CBR, se analizó la incidencia del material ligante en el valor del CBR y el nivel de ahuellamiento, a continuación, se halla una solución al pronto deterioro a la vías de pavimento a nivel de afirmado, que constantemente necesitan mantenimiento por la baja calidad en el diseño mezcla y a su vez generan considerables gastos por estos continuos mantenimientos.

Los datos de aforo se obtuvieron a través de ensayos en laboratorio tales como granulometría, límites de Atterberg, Proctor y CBR, con material extraído de la localidad de Huancavelica y el análisis de datos se realizó mediante hojas de cálculo donde se ingresó los resultados según diferentes combinaciones de material granular y material ligante. De esta manera contar con datos reales para la obtención del diseño de mezcla óptimo con un mayor índice de resistencia que el resto de las combinaciones trabajadas.

Finalmente se propone una solución al pronto deterioramiento del pavimento a nivel de afirmado, que se manifiesta con fallas de tipo ahuellamiento a lo largo de la carretera, contando de esta manera con un diseño de mezcla óptima que cuente con una resistencia mayor y con un mayor tiempo de vida útil, ahorrando costos de manteniendo y brindando al usuario una carretera en buenas condiciones.

**Palabras clave:** incidencia del material ligante, valor del CBR, ahuellamiento, nivel de afirmado.

## SUMMARY

The present research study proposes an alternative to improve the design of pavement mix at the level of affirmed in Huancavelica, Departmental Road HV 109, Km 123 - Km 145, in this way reduce rutting level and increase potential resistance evaluated through the study of the CBR, the incidence of the binder material was analyzed in the value of the CBR and the level of rutting, then a solution is found to the early deterioration to the pavement roads at the affirmed level, which constantly need maintenance due to the low quality in the mix design and in turn generate considerable expenses for these continuous maintenance.

Gauging data were obtained through laboratory tests such as granulometry, limits of Atterberg, Proctor and CBR, with material extracted from the town of Huancavelica and data analysis was performed by spreadsheets where the results were entered according to different combinations of granular material and binder material. In this way, we have real data to obtain the optimal mix design with a higher resistance index than the rest of the combinations worked.

Finally, a solution is proposed to the soon deterioration of the pavement at the level of the affirmed, which manifests itself with rutting type faults along the road, counting in this way with an optimal mix design that has a greater resistance and with a greater useful life, saving maintenance costs and providing the user with a road in good condition.

**Key words:** incidence of binder material, CBR value, rutting, level of assertion.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
RESUMEN.....	iv
SUMARY .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
LISTA DE TABLAS .....	x
LISTA DE FIGURAS .....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	18
CAPITULO I.....	20
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	20
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	20
1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.2.1. DELIMITACIÓN TEMPORAL .....	21
1.2.2. DELIMITACIÓN SOCIAL.....	21
1.2.3. DELIMITACIÓN ESPACIAL .....	22
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	22
1.3.1. PROBLEMA GENERAL .....	22
1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....	22
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	23
1.4.1. OBJETIVO GENERAL .....	23
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	23
1.5 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	24
1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	24
1.5.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS .....	24
1.6 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	24
1.6.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA .....	24
1.6.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA .....	25

1.6.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA .....	25
1.6.4. JUSTIFICACIÓN SOCIAL .....	26
1.7 IMPORTANCIA .....	26
CAPITULO II .....	27
MARCO TEÓRICO .....	27
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	27
2.1.1. ANTECEDENTE INTERNACIONAL.....	27
2.1.2. ANTECEDENTE NACIONAL .....	28
2.2 MARCO LEGAL .....	33
2.2.1. MANUAL DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS. ....	33
2.2.2. MANUAL PARA EL DISEÑO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO. ....	33
2.2.3. MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES .....	34
2.3 BASES TEÓRICAS.....	35
2.3.1. PAVIMENTO.....	35
2.4 MARCO CONCEPTUAL .....	39
2.4.1. ESTUDIOS DE TRÁFICO .....	40
2.4.2. ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS .....	40
2.4.3. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS-PLUVIOMÉTRICOS .....	41
2.4.4. ESTUDIOS DE CANTERAS Y FUENTES DE AGUA.....	41
2.4.5. MATERIAL RESISTENTE.....	41
2.4.6. MATERIAL LIGANTE.....	41
2.4.7. AHUELLAMIENTO.....	42
2.4.8. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....	43
2.5 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS – CONCEPTOS .....	53
2.5.1. PAVIMENTO:.....	53
2.5.2. CARPETA.....	53
2.5.3. BASE .....	53
2.5.4. SUBRASANTE.....	54

CAPITULO III.....	55
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	55
3.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	55
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	56
3.2.1. POR PROPÓSITO O FINALIDAD PERSEGUIDA.....	56
3.2.2. POR CLASE DE MEDIOS UTILIZADOS PARA OBTENER DATOS .....	56
3.2.3. POR PROPÓSITO O FINALIDAD PERSEGUIDA.....	56
3.3 NIVEL DE IDENTIFICACIÓN .....	56
3.4 MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	57
3.4.1. MÉTODO.....	57
3.4.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	57
3.5 VARIABLES E INDICADORES .....	58
3.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	58
3.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE .....	58
3.5.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	58
3.6 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	60
3.6.1. POBLACIÓN.....	60
3.6.2. MUESTRA .....	60
3.7 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	60
3.7.1. TÉCNICAS.....	60
3.7.2. INSTRUMENTOS .....	61
3.7.3. FUENTES .....	61
3.7.4. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	61
CAPITULO IV .....	62
RESULTADOS .....	62
4.1 DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS .....	62
4.1.1. ANÁLISIS DE COMBINACIÓN 100% GRAVA – 0% LIGANTE .....	62
4.1.2. ANÁLISIS DE COMBINACIÓN 95% GRAVA – 5% LIGANTE .....	74
4.1.3. ANÁLISIS DE COMBINACIÓN 90% GRAVA – 10% LIGANTE .....	85
4.1.4. ANÁLISIS DE COMBINACIÓN 85% GRAVA – 15% LIGANTE .....	96

4.1.5. ANÁLISIS DE COMBINACIÓN 80% GRAVA – 20% LIGANTE .....	107
4.1.6. ANÁLISIS DE COMBINACIÓN 75% GRAVA – 25% LIGANTE .....	118
4.1.7. ANÁLISIS DE COMBINACIÓN 70% GRAVA – 30% LIGANTE .....	129
4.1.8. ANÁLISIS DE COMBINACIÓN 65% GRAVA – 35% LIGANTE .....	140
4.1.9. ANÁLISIS DE COMBINACIÓN 60% GRAVA – 40% LIGANTE .....	151
4.1.10. ANÁLISIS DE COMBINACIÓN 55% GRAVA – 45% LIGANTE .....	162
4.1.11. ANÁLISIS DE COMBINACIÓN 50% GRAVA – 50% LIGANTE .....	173
RESUMEN DE RESULTADOS .....	184
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	186
CONTRASTE DE HIPÓTESIS.....	206
CONCLUSIONES .....	207
RECOMENDACIONES .....	209
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	210
ANEXOS.....	212

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1: CARACTERÍSTICAS BÁSICAS PARA LA SUPERFICIE DE RODADURA DE LOS CAMINOS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO .....	42
TABLA 2: USOS GRANULOMÉTRICOS PARA AFIRMADO USOS GRANULOMÉTRICOS PARA AFIRMADO.....	45
TABLA 3: ENSAYOS PARA MATERIAL DE AFIRMADO .....	50
TABLA 4: TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	59
TABLA 5: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO, MEZCLA 100% - 0% .....	63
TABLA 6: LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO DEL AGREGADO 100% - 0% .....	65
TABLA 7: ENSAYO DE PROCTOR POR MÉTODO C .....	67
TABLA 8: DATOS CBR, AGREGADO 100% - 0%.....	69
TABLA 9: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO, MEZCLA 95% – 5% .....	74
TABLA 10: LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO DEL AGREGADO 95% - 5%.....	76
TABLA 11: ENSAYO DE PROCTOR POR MÉTODO C – MEZCLA 95% - 5%.....	78
TABLA 12: DATOS CBR, AGREGADO 95% – 5% .....	80
TABLA 13: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO, MEZCLA 90% - 10% .....	85
TABLA 14: LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO DEL AGREGADO 90% - 10% .....	87
TABLA 15: ENSAYO DE PROCTOR POR MÉTODO C – MEZCLA 90% - 10%.....	89
TABLA 16: DATOS CBR, AGREGADO 90% – 10%.....	91
TABLA 17: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO, MEZCLA 85% - 15% .....	96
TABLA 18: LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO DEL AGREGADO 85% - 15%.....	98

TABLA 19: ENSAYO DE PROCTOR POR MÉTODO C – MEZCLA 85% - 15% .....	100
TABLA 20: DATOS CBR, AGREGADO 85% – 15% .....	102
TABLA 21: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO, MEZCLA 80% - 20% .....	107
TABLA 22: LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO DEL AGREGADO 80% - 20% .....	109
TABLA 23: ENSAYO DE PROCTOR POR MÉTODO C – MEZCLA 80% - 20% .....	111
TABLA 24: DATOS CBR, AGREGADO 80% – 20% .....	113
TABLA 25: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO, MEZCLA 75% - 25% .....	118
TABLA 26: LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO DEL AGREGADO 75% - 25% .....	120
TABLA 27: ENSAYO DE PROCTOR POR MÉTODO C – MEZCLA 75% - 25% .....	122
TABLA 28: DATOS CBR, AGREGADO 75% – 25% .....	124
TABLA 29: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO, MEZCLA 70% - 30% .....	129
TABLA 30: LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO DEL AGREGADO 70% - 30% .....	131
TABLA 31: ENSAYO DE PROCTOR POR MÉTODO C – MEZCLA 70% - 30% .....	133
TABLA 32: DATOS CBR, AGREGADO 70% – 30% .....	135
TABLA 33: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO, MEZCLA 65% - 35% .....	140
TABLA 34: LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO DEL AGREGADO 65% - 35% .....	142
TABLA 35: ENSAYO DE PROCTOR POR MÉTODO C – MEZCLA 65% - 35% .....	144
TABLA 36: DATOS CBR, AGREGADO 65% – 35% .....	146
TABLA 37: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO, MEZCLA 60% - 40% .....	151
TABLA 38: LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO DEL AGREGADO 60% - 40% .....	153
TABLA 39: ENSAYO DE PROCTOR POR MÉTODO C – MEZCLA 60% - 40% .....	155
TABLA 40: DATOS CBR, AGREGADO 60% – 40% .....	157

TABLA 41: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO, MEZCLA 55% - 45% .....	162
TABLA 42: LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO DEL AGREGADO 55% - 45% .....	164
TABLA 43: ENSAYO DE PROCTOR POR MÉTODO C – MEZCLA 55% - 45% .....	166
TABLA 44: DATOS CBR, AGREGADO 55% – 45% .....	168
TABLA 45: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO, MEZCLA 50% - 50% .....	173
TABLA 46: LIMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO DEL AGREGADO 50% - 50% .....	175
TABLA 47: ENSAYO DE PROCTOR POR MÉTODO C – MEZCLA 50% - 50% .....	177
TABLA 48: DATOS CBR, AGREGADO 50% – 50% .....	179
TABLA 49: RESUMEN DE RESULTADOS OBTENIDOS DEL CBR POR GRAVA - FINO .....	184
TABLA 50: DATOS ESTADÍSTICOS PARA CBR AL 100% A 1” DE PENETRACIÓN. ....	186
TABLA 51: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA CBR AL 100%, PENETRACIÓN DE 1” .....	186
TABLA 52: CORRELACIÓN PARA CBR AL 100%, PENETRACIÓN DE 1” .....	188
TABLA 53: DATOS ESTADÍSTICOS PARA CBR AL 95% A 1” DE PENETRACIÓN. ....	191
TABLA 54: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA CBR AL 95%, PENETRACIÓN DE 1” .....	191
TABLA 55: CORRELACIÓN PARA CBR AL 95%, PENETRACIÓN DE 1” .....	193
TABLA 56: DATOS ESTADÍSTICOS PARA CBR AL 100% A 2” DE PENETRACIÓN. ....	196
TABLA 57: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA CBR AL 100%, PENETRACIÓN DE 2” .....	196
TABLA 58: CORRELACIÓN PARA CBR AL 100%, PENETRACIÓN DE 2” .....	198
TABLA 59: DATOS ESTADÍSTICOS PARA CBR AL 95% A 2” DE PENETRACIÓN. ....	201
TABLA 60: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA CBR AL 95%, PENETRACIÓN DE 2” .....	201
TABLA 61: CORRELACIÓN PARA CBR AL 95%, PENETRACIÓN DE 2” .....	203

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO .....	64
FIGURA 2: LIMITE LIQUIDO AGREGADO 100% - 0%.....	66
FIGURA 3: GRÁFICA DE CURVA DE DENSIDAD SECA, MUESTRA 100% - 0% .....	68
FIGURA 4: GRÁFICO DE PENETRACIÓN DEL CBR (100% - 0%).....	71
FIGURA 5: EC = 25 GOLPES (100% - 0%) .....	72
FIGURA 6: TABLA 13: EC = 56 GOLPES (100% - 0%) .....	72
FIGURA 7: EC = 10 GOLPES (100% - 0%) .....	73
FIGURA 8: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO .....	75
FIGURA 9: LIMITE LIQUIDO AGREGADO 95% - 5%.....	77
FIGURA 10: GRAFICA DE CURVA DE DENSIDAD SECA, AGREGADO 95% - 5%.....	79
FIGURA 11: GRÁFICO DE PENETRACIÓN DEL CBR.....	82
FIGURA 12: EC = 10 GOLPES (95% - 5%) .....	83
FIGURA 13: EC = 25 GOLPES (95% - 5%) .....	83
FIGURA 14: EC = 56 GOLPES (95% - 5%) .....	84
FIGURA 15: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO 90% -10% .....	86
FIGURA 16: LIMITE LIQUIDO AGREGADO 90% - 10%.....	88
FIGURA 17: GRAFICA DE CURVA DE DENSIDAD SECA, AGREGADO 90% - 10% .....	90
FIGURA 18: GRÁFICO DE PENETRACIÓN DEL CBR.....	93
FIGURA 19: EC = 10 GOLPES (90% - 10%) .....	94
FIGURA 20: EC = 25 GOLPES (90% - 10%) .....	94

FIGURA 21: EC = 56 GOLPES (90% - 10%) .....	95
FIGURA 22: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO 85% -15% .....	97
FIGURA 23: LIMITE LIQUIDO AGREGADO 85% - 15%.....	99
FIGURA 24: GRAFICA DE CURVA DE DENSIDAD SECA, AGREGADO 85% - 15% .....	101
FIGURA 25: GRÁFICO DE PENETRACIÓN DEL CBR.....	104
FIGURA 26: EC = 10 GOLPES (85% - 15%) .....	105
FIGURA 27: EC = 25 GOLPES (85% – 15%) .....	105
FIGURA 28: EC = 56 GOLPES (85% - 15%) .....	106
FIGURA 29: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO 80% -20% .....	108
FIGURA 30: LIMITE LIQUIDO AGREGADO 80% - 20%.....	110
FIGURA 31: GRAFICA DE CURVA DE DENSIDAD SECA, AGREGADO 80% - 20% .....	112
FIGURA 32: GRÁFICO DE PENETRACIÓN DEL CBR.....	115
FIGURA 33: EC = 10 GOLPES (80% - 20%) .....	116
FIGURA 34: EC = 25 GOLPES (80% – 20%) .....	116
FIGURA 35: EC = 56 GOLPES (80% - 20%) .....	117
FIGURA 36: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO 75% -25% .....	119
FIGURA 37: <i>LIMITE LIQUIDO AGREGADO 75% - 25%</i> .....	121
FIGURA 38: GRAFICA DE CURVA DE DENSIDAD SECA, AGREGADO 75% - 25% .....	123
FIGURA 39: GRÁFICO DE PENETRACIÓN DEL CBR.....	126
FIGURA 40: EC = 10 GOLPES (75% - 25%) .....	127
FIGURA 41: EC = 25 GOLPES (75% – 25%) .....	127
FIGURA 42: EC = 56 GOLPES (75% - 25%) .....	128
FIGURA 43: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO 70% -30% .....	130

FIGURA 44: LIMITE LIQUIDO AGREGADO 70% - 30%.....	132
FIGURA 45: GRAFICA DE CURVA DE DENSIDAD SECA, AGREGADO 70% - 30% .....	134
FIGURA 46: GRÁFICO DE PENETRACIÓN DEL CBR.....	137
FIGURA 47: EC = 10 GOLPES (70% - 30%) .....	138
FIGURA 48: EC = 25 GOLPES (70% – 30%) .....	138
FIGURA 49: EC = 56 GOLPES (70% - 30%) .....	139
FIGURA 50: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO 65% -35%.....	141
FIGURA 51: LIMITE LIQUIDO AGREGADO 65% - 35%.....	143
FIGURA 52: GRÁFICO DE PENETRACIÓN DEL CBR.....	148
FIGURA 53: EC = 10 GOLPES (65% - 35%) .....	149
FIGURA 54: EC = 25 GOLPES (65% – 35%) .....	149
FIGURA 55: EC = 56 GOLPES (65% - 35%) .....	150
FIGURA 56: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO 60% - 40%.....	152
FIGURA 57: LIMITE LIQUIDO AGREGADO 60% - 40%.....	154
FIGURA 58: GRÁFICA DE CURVA DE DENSIDAD SECA, AGREGADO 60% - 40% .....	156
FIGURA 59: <i>GRÁFICO DE PENETRACIÓN DEL CBR</i> .....	159
FIGURA 60: EC = 10 GOLPES (60% - 40%) .....	160
FIGURA 61: EC = 25 GOLPES (60% – 40%) .....	160
FIGURA 62: EC = 56 GOLPES (60% - 40%) .....	161
FIGURA 63: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO 55% -45% .....	163
FIGURA 64: LIMITE LIQUIDO AGREGADO 55% - 45%.....	165
FIGURA 65: GRÁFICA DE CURVA DE DENSIDAD SECA, AGREGADO 55% - 45% .....	167

FIGURA 66: GRÁFICO DE PENETRACIÓN DEL CBR.....	170
FIGURA 67: EC = 10 GOLPES (55% - 45%) .....	171
FIGURA 68: EC = 25 GOLPES (55% – 45%) .....	171
FIGURA 69: EC = 56 GOLPES (55% - 45%) .....	172
FIGURA 70: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO 50% -50% .....	174
FIGURA 71: LIMITE LIQUIDO AGREGADO 50% - 50%.....	176
FIGURA 72: GRAFICA DE CURVA DE DENSIDAD SECA, AGREGADO 50% - 50% .....	178
FIGURA 73: GRÁFICO DE PENETRACIÓN DEL CBR.....	181
FIGURA 74: EC = 10 GOLPES (50% - 50%) .....	182
FIGURA 75: EC = 25 GOLPES (50% – 50%) .....	182
FIGURA 76: EC = 56 GOLPES (50% - 50%) .....	183
FIGURA 77: RESUMEN GRÁFICO DE RESULTADOS OBTENIDOS DEL CBR POR GRAVA - FINO .....	185
FIGURA 78: HISTOGRAMA DE NORMALIDAD PARA CBR AL 100% - 1” DE PENETRACIÓN	187
FIGURA 79: LÍNEA TENDENCIA DE AGREGADO FINO Y EL VALOR DE CBR AL 100% - 1” ..	189
FIGURA 80: GRAFICA DE LÍNEA TENDENCIA EN PORCENTAJE DE AGREGADO GRUESO VERSUS EL VALOR DE CBR AL 100% - 1” .....	190
FIGURA 81: HISTOGRAMA DE NORMALIDAD PARA CBR AL 95% - 1” DE PENETRACIÓN ..	192
FIGURA 82: GRAFICA DE LÍNEA TENDENCIA EN PORCENTAJE DE AGREGADO GRUESO VERSUS EL VALOR DE CBR AL 95% - 1” .....	194
FIGURA 83: GRAFICA DE LÍNEA TENDENCIA EN PORCENTAJE DE AGREGADO FINO VERSUS EL VALOR DE CBR AL 95% - 1” .....	195

FIGURA 84: HISTOGRAMA DE NORMALIDAD PARA CBR AL 100% - 2" DE PENETRACIÓN	197
FIGURA 85: GRAFICA DE LÍNEA TENDENCIA EN PORCENTAJE DE AGREGADO FINO VERSUS EL VALOR DE CBR AL 100% - 2" .....	199
FIGURA 86: GRÁFICA DE LÍNEA TENDENCIA EN PORCENTAJE DE AGREGADO GRUESO VERSUS EL VALOR DE CBR AL 100% - 2" .....	200
FIGURA 87: HISTOGRAMA DE NORMALIDAD PARA CBR AL 95% - 2" DE PENETRACIÓN ..	202
FIGURA 88: GRAFICA DE LÍNEA TENDENCIA EN PORCENTAJE DE AGREGADO FINO VERSUS EL VALOR DE CBR AL 95% - 2" .....	204
FIGURA 89: GRÁFICA DE LÍNEA TENDENCIA EN PORCENTAJE DE AGREGADO GRUESO VERSUS EL VALOR DE CBR AL 95% - 2" .....	205

## INTRODUCCIÓN

Según las estadísticas del ministerio de transportes y comunicaciones el 84.76%, de la red vial del Perú, está constituido por vías no pavimentadas o a nivel de afirmado, siendo en realidad un pequeño porcentaje las vías a nivel de asfalto o pavimento rígido. Las vías a nivel de afirmado son las que unen las localidades más lejanas, normalmente sosteniendo de forma individual un bajo volumen de tráfico, por lo cual, el estado invierte poco en su infraestructura, sin embargo, si consideramos el volumen de tráfico en conjunto la red tiene una gran importancia social y económica, llegando a jugar un papel preponderante en el desarrollo del país.

Dada la gran incidencia de las redes de las vías afirmadas, es primordial que el estado invierta en su mantenimiento, realizando un gasto racional, que este orientado a una inversión razonable con el máximo de utilidad social y económica. Esto se logra optimizando procesos, haciendo una evaluación precisa del estado que nos permita determinar el adecuado tratamiento, mejorando las técnicas de diseño y construcción.

A diferencia de los pavimentos de asfalto los pavimentos a nivel de afirmado son extremadamente vulnerables a los efectos de climatológicos y los causados por el tráfico, por tanto, es normal que en periodos cortos de tiempo se produzcan fallas como pérdida de finos, ahuellamiento, baches, exposición de grava, incremento del IRI. En tal sentido es primordial que la técnica de diseño sea la más apropiada y nos brinde una estructura resistente que pueda prolongar el tiempo de vida óptimo del pavimento, actualmente se utiliza el método AASTHO, PELTIER, TRL y

AUSTRIALIANO. Sin embargo, ninguna utiliza modelos de predicción de falla que pronostiquen con cierto grado de exactitud los deterioros a futuro.

La presente investigación titulada: "INCIDENCIA DEL MATERIAL LIGANTE EN EL VALOR DEL CBR Y EL NIVEL DE AHUELLAMIENTO DE PAVIMENTO A NIVEL DE AFIRMADO – CARRETERA DEPARTAMENTAL HV 109 Km 123-Km 145". Además de analizar el efecto del contenido de ligante en las propiedades de la matriz de afirmado, la investigación pretende dar una proporción óptima entre la cantidad de ligante y material granular de la matriz del firmado a fin de obtener un valor apropiado del CBR que nos produzca el menor ahuellamiento posible. En tal sentido se dará una propuesta para el cálculo del ahuellamiento causado por el tráfico.

En el proceso de desarrollo de la investigación parametrizaremos las proporciones sobre la incidencia del material ligante en la variación de los valores del CBR Y el Nivel de Ahuellamiento.

De esta forma se logrará aportar a la sociedad un diseño de mezcla óptima, que permitirá contar con pavimentos a nivel de afirmado de mejor calidad, en favor de la sociedad y la comunidad de Huancavelica.

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

La problemática en los pavimentos a nivel de afirmado radica generalmente en el rápido deterioro por los distintos agentes causantes en el desgaste del material ligante esto se da debido a la mala proporción entre el material ligante y el material granular, en tal sentido el estado peruano tiene la obligación de realizar los mantenimientos rutinarios y periódicos que aseguren el buen estado, la funcionabilidad y la durabilidad de las vías, para que estas puedan cumplir con su propósito.

Este costo de mantenimiento tiene que ver con la calidad de la vía y los niveles de tráfico y clima de cada proyecto, con la investigación presente lograremos en gran parte erradicar las problemáticas que tienen los pavimentos a nivel de afirmado logrando una inversión menor en el mantenimiento, por lo general las vías de baja calidad en iguales condiciones requeriré de montos de mayor inversión.

Teniendo en cuenta que el mayor porcentaje de las carreteras de la red vial peruana son vías a nivel de afirmado, por consecuente es muy importante que se desarrollen técnicas modernas, constructivas, innovadores y de diseños que permitan mejorar el desempeño y la calidad en las distintas necesidades que se presenten.

Las vías afirmadas se constituyen normalmente de una mezcla de material ligante y material granular, que forman una matriz que puede resistir las cargas de tráfico y debe de mantener su forma en el tiempo. Una mala dosificación en la combinación de la mezcla optimas que aseguren un performance óptimo sería una contribución puede originar un mal comportamiento estructural y poca durabilidad, en tal sentido desarrollar una técnica que busque la terminación de las proporcionas más importante para la ingeniería de caminos.

## **1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. DELIMITACIÓN TEMPORAL**

El tiempo de ejecución de la presente investigación abarca tres meses para el análisis de campo y laboratorio el cual es esencial para determinar los datos necesarios para obtener los objetivos planteados.

### **1.2.2. DELIMITACIÓN SOCIAL**

La presente investigación involucra necesariamente a las instituciones con laboratorios calificados para los ensayos de Proctor y CBR, además de la cantera de donde se obtendrá el material necesario para la mezcla de las muestras. Otra limitación que se tiene respecto al proyecto es que

se encuentra en el departamento de Huancavelica, mientras que los ensayos se realizarán en Huancayo, este hecho requerirá de un mayor uso de recursos económicos por los transportes necesarios para muestras y chequeo en campo.

La presente investigación lo desarrollará en la Carretera departamental Km123-Km145 HV -109 por Karem Tirsá Gilvonio Jurado.

### **1.2.3. DELIMITACIÓN ESPACIAL**

Este trabajo de investigación se limita a la provincia de Huancavelica en zonas cercanas a la carretera departamental HV -109, (Km123-Km145) ya que, las características de los suelos varían por cada zona, y los resultados pueden variar por cada localidad.

## **1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.3.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es la incidencia del % de material (ligante y granular) en los valores del CBR y el Nivel de Ahuellamiento de pavimentos a nivel de afirmado – en la Carretera Departamental HV 109 – Huancavelica 2018?

### **1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Cuál es la incidencia del % de material (ligante y granular) en el valor de soporte de California CBR de la matriz de afirmado?
- ¿Cuál es la incidencia del % de material (ligante y granular) en el nivel de ahuellamiento del pavimento de afirmado?

- ¿Cuál es la proporción óptima entre el material (ligante y granular) que proporcione el mayor valor de CBR y el menor valor de ahuellamiento del pavimento de afirmado?

## **1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar la incidencia del % de material (ligante y granular) en el valor del CBR y el nivel de ahuellamiento de pavimentos a nivel de afirmado – carretera departamental HV 109- Huancavelica 2018.

### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la incidencia del % de material (ligante y granular) en el valor de soporte de california CBR de la matriz de afirmado.
- Determinar la incidencia del % de material (ligante y granular) en el nivel de ahuellamiento del pavimento de afirmado.
- Determinar la proporción óptima entre el material (ligante y granular) que proporcione el mayor valor de CBR y el menor valor de ahuellamiento del pavimento a nivel de afirmado.
- Parametrizar valores del CBR y el nivel de Ahuellamiento en el pavimento de afirmado -carretera departamental HV-109 con los resultados obtenidos en laboratorio.

## **1.5 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL**

El contenido de ligante en la mezcla incide en el valor del CBR y el nivel de ahuellamiento de pavimentos a nivel de afirmado – carretera departamental HV 109 (Km 123 - Km 145).

### **1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- El contenido de finos incide en el valor de soporte de california CBR de la matriz de afirmado.
- El contenido de finos de la mezcla incide en el nivel de ahuellamiento del pavimento de afirmado.
- Una proporción óptima de la mezcla de afirmado puede dar un mayor valor de CBR y el menor valor de ahuellamiento del pavimento de afirmado

## **1.6 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.6.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

Se sabe que el 84. 76%, de la red vial del Perú, está constituido por vías no pavimentadas o a nivel de afirmado por lo que esto afecta en forma directa al desarrollo del país y más aún en las grandes inversiones que se da en el mantenimiento que realiza el estado peruano, como parte de sus obligaciones como administrador de la red vial. En la investigación presente se investigará y se ara los ensayos respectivos para encontrar un diseño de mezcla optima que garantice con un cierto grado de

confiabilidad al mejor desempeño posible del pavimento a nivel de afirmado, obtener una mejor durabilidad y una considerable reducción de costos de mantenimiento a futuro.

Y que mejor hacer la investigación de lugares céntricas del Perú como Huancavelica que son los que de alguna u otra manera sostienen económicamente al estado peruano con lo que estaríamos contribuyendo al desarrollo en particular a Huancavelica y en general al Perú.

### **1.6.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

La presente investigación es de gran importancia, ya que nos dará a conocer un diseño de mezcla óptimo para ser empleada en vías no pavimentadas o a nivel de afirmado, la cual busca elevar el tiempo de vida útil y la reducción de costos por mantenimientos, de esta forma generar un impacto a los altos dirigentes para una mayor exigencia en la ejecución de obras viales.

### **1.6.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA**

El análisis del material ligante en el valor del CBR y el nivel de ahuellamiento de pavimento a nivel de afirmado será de manera experimental, de esta forma se buscará optimizar un diseño de mezcla que garantice con un cierto grado de confiabilidad al desempeño del pavimento.

#### **1.6.4. JUSTIFICACIÓN SOCIAL**

Se brinda solución a un problema que genera una incomodidad a los usuarios que transitan por la vía y también un gasto elevado en mantenimientos, que a su vez generan problemas de desvíos y bloqueos temporales por reparaciones.

#### **1.7 IMPORTANCIA**

La importancia de la presente investigación se basa en la gran cantidad de carreteras existentes a nivel de afirmado 84. 76% del total de la red vial peruana ya que son las más vulnerables por sus propias características que presenta a su deterioro con el pasar de tiempo, y en particular la carretera central HV-109 que es uno de los más tiene una inadecuada transpirabilidad vehicular que perjudica el traslado de cargas y pasajeros, en tal sentido cualquier mejora en las técnicas de diseño y construcción de las mismas, significara un gran impacto económico y social.

En este caso se toma la carretera departamental HV 109, Km 123-Km 145, que cuenta con características comunes que buscamos para este tipo de estudios, en una zona céntrica del Perú, contribuyendo al desarrollo de la ciudad y del Perú. Además de que se cuenta con las facilidades de acceder a los materiales necesarios para los ensayos.

La investigación se centrará en obtener una mezcla optima que aseguro un performance optimo del pavimento a futuro.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1. Antecedente Internacional**

###### **2.1.1.1. Título**

Rigidez a baja deformación de mezclas de suelo.

###### **2.1.1.1.1. Autor**

Pedro A. Serigos, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

###### **2.1.1.1.2. Objetivo**

A través del laboratorio de Mecánica de Suelos, Laboratorio de Materiales y Estructuras, Departamento de Estabilidad y Construcciones Facultad de Ingeniería UBA, se busca

determinar el efecto que causan los distintos productos en la deformación de mezcla de suelo.

#### **2.1.1.1.3. Método**

Se usó el método experimental, que aplica la observación de fenómenos, en las situaciones planteadas.

#### **2.1.1.1.4. Resultados**

La tesis concluye en que los productos de las reacciones químicas entre el agua, cemento Portland y los minerales de la fracción arcillosa del suelo dependerán del tipo y de la cantidad de cada una de estas. En esta tesis se utilizó un limo de baja plasticidad de la formación Pampeano proveniente de la localidad de Ranelagh, en la Provincia de Buenos Aires. El cemento utilizado fue un CPN 40 (MRS). Las dosificaciones de cemento utilizadas fueron del 4, 6, 8 y 10%. Para este suelo y para este tipo y estas dosificaciones de cemento Portland, se observó que: La resistencia al desgaste abrasivo bajo ciclos de congelamiento y deshielo.

### **2.1.2. Antecedente Nacional**

#### **2.1.2.1. Título**

Evaluación de aditivos químicos en la eficiencia de la conservación de superficies de rodadura en carreteras no pavimentadas.

##### **2.1.2.1.1. Autor**

Choque Sánchez, Héctor Martín, Universidad Nacional De Ingeniería – Facultad De Ingeniería Civil 2012.

#### **2.1.2.1.2. Objetivo**

La tesis trata de la adición aditivos químicos (Cloruro de Calcio y producto en base a enzimas).

#### **2.1.2.1.3. Método**

Método experimental aplicado a ensayos en laboratorio con variables controlables.

#### **2.1.2.1.4. Resultados**

Se aplicaron estos aditivos in situ de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, al tipo de suelo y de dos variables determinantes para su aplicación respectiva: El Índice de plasticidad y el porcentaje de finos que pasan la malla N°200. La construcción de estos sectores de prueba estuvo sujeta a las mismas condiciones de clima, mismas condiciones geométricas de tráfico vehicular y del mismo tipo de suelo (aporte de material de cantera). Luego de hacer el monitoreo después de aplicado, estos productos se compararán y proyectarán su desempeño en el tiempo por medio de dos indicadores: El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Condición en Vía No Pavimentada (ICVNP). Con los resultados obtenidos se pretende incentivar las posteriores investigaciones de la gran gamma de aditivos químicos que existen en el medio y bajo condiciones

determinadas poder proponer su utilización en la conservación superficial de la carpeta de rodadura en una vía no pavimentada.

Resultando que el sector patrón (sin aditivo) ha tenido un mejor comportamiento en lo que respecta al deterioro superficial en el tiempo que fue aplicado.

#### **2.1.2.2. Título**

Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en la provincia de San Román.

##### **2.1.2.2.1. Autor**

Palli Apaza Edwin Ever, Universidad Nacional Del Altiplano, Facultad De Ingeniería Civil y Arquitectura, Escuela Profesional De Ingeniería Civil, 2015.

##### **2.1.2.2.2. Objetivo**

La tesis trata de comprobar el uso de la cal como agente estabilizador de suelos.

##### **2.1.2.2.3. Método**

Se aplicó el método experimental.

##### **2.1.2.2.4. Resultados**

Se experimentó el uso de la cal como estabilizador de suelos, pues mejora las propiedades mecánicas del material de cantera, esto debido a que al mezclar el suelo con la cal, se produce una reacción rápida de floculación e intercambio iónico,

seguida de otra muy lenta tipo Puzolánica, con formación de nuevos productos químicos, la Cal al combinarse con la sílice, alúmina de las partículas del suelo y el agua, producen silicatos y aluminatos similares a los del cemento; esto genera un incremento considerable en el Valor Relativo de Soporte CBR del Suelo considerándolo apto para su uso en la conformación de Afirmados según la EG-2013. Para la cantera #1 (Chullunquiani) el porcentaje óptimo de Cal para mejorar el CBR y considerarlo apto para la conformación de afirmados es de 2%. Para la cantera #2 (Taparachi) el porcentaje óptimo de Cal para mejorar el CBR y considerarlo apto para la conformación de afirmados es de 1%. La Cal como agente estabilizador de suelos disminuye ligeramente el Limite Liquido e Incrementa el Limite Plástico, produciendo una reducción del Índice de Plasticidad de los suelos.

#### **2.1.2.3. Título**

Mejoramiento del material afirmado de las canteras adyacentes para el terraplén de la carretera urca y ccochaccasa.

##### **2.1.2.3.1. Autor**

Bach. Ramos Guzman, Betzabe, y Bach. Torres Sueldo, José Antonio.

##### **2.1.2.3.2. Objetivo**

Evaluar el empleo del cemento en la estabilización del material afirmado para el mejoramiento del terraplén de la carretera Lircay – Ccochaccasa.

#### **2.1.2.3.3. Método**

Se aplicó el método experimental.

#### **2.1.2.3.4. Resultados**

Según los resultados de la investigación al emplear cemento en 1% mejora la resistencia del suelo y mejora la estabilización del material afirmado para el mejoramiento del terraplén de la carretera Lircay - Ccochaccasa. • Las características y calidad del material afirmado de las canteras de Uchcupampa y Ccochaccasa, son de muy buena calidad según los ensayos practicados análisis Granulométrico el tipo de suelo es A-1, que contiene fragmentos de piedra, grava y arena, este tipo de suelo es recomendado para la estabilización con cemento y cumple con las normas ASTM D 4318, AASSHTO T 89 y ASTM D 4318, AASSHTO T90. Además, Según la investigación realizada el CBR en estado natural alcanza una densidad seca de 2.16 gr/cm<sup>2</sup> y el CBR al 100% es de 48% y se encuentra en clasificación de material bueno, según la norma técnica ASTM D-1557 Y MTC E 115-2000. Según los resultados obtenidos en la investigación para la cantera de Uchcupampa, con incremento de 1% de cemento muestra que la densidad seca aumenta en un

0.06 gr/cm<sup>2</sup> y el CBR al100% es de 48.50% a los dos días de curado, incrementado la resistencia del suelo estabilizado con cemento.

## **2.2 MARCO LEGAL**

### **2.2.1. Manual de especificaciones técnicas de la construcción de carreteras.**

El Manual de “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” forma parte de los Manuales de Carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local.

### **2.2.2. Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito.**

MTC ha elaborado el Manual de Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito, teniendo en consideración que estos caminos son de gran importancia en el desarrollo local, regional y nacional, por cuanto más del 85% de la vialidad se encuentra en esta categoría. Esta Norma es de aplicación obligatoria por las Autoridades Competentes, según corresponda, en todo el territorio nacional para los proyectos de vialidad de uso público. Por razones de seguridad vial,

todos los proyectos viales de carácter privado deberán en lo aplicable ceñirse como mínimo a esta Norma. Complementariamente el Manual, MTC de Diseño Geométrico de Carreteras (DG- 2001) rige en todo aquello, aplicable, que no éste considerado en el Manual para Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito.

### **2.2.3. Manual de ensayo de materiales**

El “Manual de Ensayo de Materiales” forma parte de los Manuales de Carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento

obligatorio por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local.

El “Manual de Ensayo de Materiales” tiene por finalidad estandarizar el método y procedimientos, para la ejecución de los ensayos de laboratorio y de campo, de los materiales que se utilizan en los proyectos de infraestructura vial, con el objeto de asegurar que su comportamiento corresponda a los estándares de calidad propuestos en los estudios, para las obras y actividades de mantenimiento vial.

## **2.3 BASES TEÓRICAS**

### **2.3.1. Pavimento**

Se considera que un “pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados” (Montejo, 2006), con el objetivo de que resistan los esfuerzos producidos por la acción de cargas de tránsito, las cuales se transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, obteniéndose una superficie de rodadura que debe funcionar eficientemente.

#### **Características que debe reunir un pavimento**

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir los siguientes requisitos (Montejo, 2006):

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos.
- Además, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Presentar regularidad superficial, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Debe ser durable y económico.
- Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.

- El ruido de rodadura en el interior de los vehículos que afecten al usuario, así como en el exterior, deben ser adecuadamente moderados

## **Tipos de pavimento**

### **Pavimento flexible**

Este tipo se caracteriza por estar conformado en la superficie por una capa de material bituminoso o mezcla asfáltica que se apoya sobre capas de material granular, las cuales generalmente van disminuyendo su calidad conforme se acercan más a la subrasante. Esto se debe a que los esfuerzos que se producen por el tránsito van disminuyendo con la profundidad y por razones económicas. La teoría que se utiliza para analizar su comportamiento es la teoría de capas de Burmister (Huang, 2004).

- **Resistencia estructural:** el pavimento debe ser capaz de soportar las cargas debidas al tránsito de tal manera que el deterioro sea paulatino y que se cumpla el ciclo de vida definido en el proyecto. La causa de falla en este tipo de pavimentos con mayor aceptación es los esfuerzos cortantes. Sin embargo, también se producen esfuerzos adicionales por la aceleración y frenado de los vehículos, así como esfuerzos de tensión en los niveles superiores de la estructura al deformarse esta verticalmente debido a la carga que soporta. Asimismo, el pavimento se encuentra sometido a cargas actuantes repetitivas. Éstas afectan a largo plazo la resistencia de las capas de relativa rigidez, que en los pavimentos flexibles serían sobre todo las carpetas y bases estabilizadas, donde podrían ocurrir fenómenos de

fatiga. Además, la repetición de cargas puede causar la rotura de los granos del material granular modificando la resistencia de estas capas.

- **Deformabilidad:** el nivel de deformación del pavimento se debe controlar debido a que es una de las principales causas de falla en la estructura y si la deformación es permanentemente, el pavimento deja de cumplir las funciones para las cuales fue construido. Se presentan dos clases de deformaciones en una vía: elásticas (recuperación instantánea) y plásticas (permanentes).
- **Durabilidad:** una carretera que tenga un ciclo de vida prolongado en condiciones aceptables no sólo evita la necesidad de construcción nueva, sino también la molestia de los usuarios de la vía al interrumpir el tránsito.
- **Costo:** se debe hallar un equilibrio entre el costo de construcción inicial y el mantenimiento al que tendrá que ser sometida la vía. Asimismo, influye la calidad y la disponibilidad de los materiales para la estructura. –  
Requerimientos de la conservación: las condiciones de drenaje y subdrenaje juegan un rol decisivo en el ciclo de vida del pavimento.
- **Comodidad:** una carretera tiene que resultar cómoda para los usuarios.  
Las capas que generalmente componen la estructura de un pavimento flexible son las siguientes (Montejo, 2006)
- **Carpeta asfáltica:** es la capa superficial de la estructura y tiene tres funciones principales: servir como superficie de rodamiento uniforme y estable para permitir el tránsito, impermeabilizar la estructura.

- **La sub base granular tiene las siguientes funciones:** función económica, capa de transición, disminución de las deformaciones, resistencia y drenaje
- **La base granular tiene las siguientes funciones:** resistencia y función económica.
- **La carpeta tiene las siguientes funciones:** superficie de rodamiento, impermeabilidad y resistencia.

### **Pavimentos Semi-rígidos**

“Su estructura se asemeja a la de un pavimento flexible, y una de sus capas es rígida artificialmente mediante el uso aditivos (asfalto, emulsión, cemento cal y químicos) con el objetivo de mejorar las propiedades mecánicas de los materiales locales y reducir los costos” (Montejo, 2006)

### **Pavimentos rígidos**

El elemento estructural primordial en este tipo de pavimento consta de una losa de concreto que se apoya directamente en la subrasante o en una capa de material granular seleccionado denominada subbase. La necesidad de utilizar la subbase surge sólo si la subrasante no tiene las condiciones necesarias como para resistir a la losa y las cargas sobre esta; es decir, que no actúe como un soporte adecuado. Una de las diferencias más saltantes entre los pavimentos flexibles y rígidos es la forma en que se distribuyen los esfuerzos producidos por el tránsito sobre ellos. Debido a que el concreto es mucho más rígido que la mezcla de asfalto, éste distribuye los esfuerzos en una zona mucho más amplia. Del mismo modo, el concreto presenta un poco de resistencia a la

tensión por lo que aún en zonas débiles de la subrasante su comportamiento es adecuado. “Es por ello que la capacidad portante de un pavimento rígido recae en las losas en vez de en las capas subyacentes, las cuales ejercen poca influencia al momento del diseño” (Montejo, 2006). “Otra diferencia importante es la existencia de juntas en los pavimentos rígidos, las que no se presentan en los flexibles” (Huang, 2004). “Es así como la teoría de análisis que se utiliza para la primera clase de pavimento es la teoría de placa o plancha en lugar de la teoría de capas utilizada para los caminos asfaltados La resistencia del concreto utilizada usualmente es alta, entre 200 y 400 kg/cm<sup>2</sup>. Por su parte las losas pueden ser de concreto simples, reforzadas o pre esforzadas” (Rico, 1999)

“Datos necesarios para el diseño, Aunque algunas metodologías pueden variar entre sí, los siguientes factores son necesarios para el diseño del pavimento en la mayoría de ellas” (Rengifo, 2014).

## **2.4 MARCO CONCEPTUAL**

Una vía afirmada, “es carretera cuya superficie de rodadura está constituida por una capa compactada de material granular natural o procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en carreteras y trochas carrozables” (Rico, 1999).

### **2.4.1. Estudios de tráfico**

Uno de los aspectos más importantes, si no el determinante para el diseño es determinar el flujo de vehículos; es decir, qué tipo de vehículos transitan por la zona a analizar, según la clasificación del Reglamento Nacional de Vehículos y con qué frecuencia lo hacen. Asimismo, una vez obtenida esta información es necesario estimar una tasa de crecimiento para proyectar cuál será el flujo de vehículos dentro de los años que contemplará el diseño. Este flujo vehicular se expresa utilizando un parámetro conocido como ESAL (Equivalent Single Axle Load) o carga equivalente de eje simple, que considera un eje simple equivalente de 18 kips. Este valor representa el efecto dañino que producen los vehículos sobre el pavimento. O el valor del consumo de fatiga y el daño por erosión en el caso de la metodología de la PCA.

### **2.4.2. Estudios de mecánica de suelos**

Estos ensayos son necesarios para caracterizar el material granular que servirá como base o subbase. Asimismo, para hallar uno de los parámetros de diseño más importantes, el módulo de resiliencia de la subrasante, se puede realizar una correlación en base al CBR del terreno natural.

Los ensayos a tener en cuenta son:

- Ensayo de granulometría
- Límites de Atterberg
- Ensayo de compactación Proctor modificado

- Ensayo de valor de soporte de California o CBR

### **2.4.3. Estudios hidrológicos-pluviométricos**

Lo que requerimos es la precipitación media diaria de la estación seleccionada registrada para determinar el coeficiente de drenaje (Cd) necesario en la metodología de la AASHTO para pavimentos rígidos o para hallar el valor que modifica los coeficientes estructurales de las capas en los pavimentos flexibles.

### **2.4.4. Estudios de canteras y fuentes de agua**

Se debe dar importancia al tipo de material que se encuentra disponible en la zona porque de ello dependerá la capacidad de soporte de las capas granulares y, por tanto, del pavimento como estructura.

### **2.4.5. Material Resistente**

Material inerte, resistente a los esfuerzos que se producen en la estructura, generalmente constituido por piedra o constitutivo de ella (piedra partida, arena o polvo de piedra)

### **2.4.6. Material Ligante**

Material de liga, que relaciona entre sí a los elementos resistentes proporcionándoles las extensiones necesarias. Casi siempre es un constitutivo del suelo, como la arcilla, o un aglutinante por reacción química, como el calor del cemento o en su defecto, un material bituminoso. Se le denomina material aglutinante.

Tabla 1: Características Básicas Para La Superficie De Rodadura De Los Caminos De Bajo Volumen De Transito

CAMINO DE BVT	IMD PROYECTADO	ANCHO CALZADA (m)	ESTRUCTURA Y SUPERFICIE DE RODADURA – ALTERNATIVAS (**)
T4	201 - 400	2 carriles 6.00 – 7.00	Afirmado (material granular, grava, homogenizado natural o por chancado tamaño máximo 5 cm) con superficie de rodadura (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado.
T3	101 - 200	2 carriles 5.50 – 6.60	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado.
T2	51 - 100	2 carriles 5.50 – 6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T1	16 - 50	1 carril (*) ó 2 carriles 3.50 – 6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o a mano, tamaño máximo 5 cm). perfilada y compactada, min. 15 cm.
T0	< 15	1 carril (*) 3.50 – 4.50	Afirmado (tierra). En lo posible mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado, min. 15 cm.
Trocha carrozable	IMD Indefinido	1 sendero (*)	Suelo natural (tierra) en lo posible mejorado con grava natural seleccionada; perfilado y compactado.

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2005)

(\*) Con plazoletas de cruce, adelantamiento o volteo cada 500 – 1000 m; mediante regulación de horas o días, por sentido de uso.

(\*\*) En caso de no disponer gravas en distancia cercana los caminos pueden ser estabilizado mediante técnicas de estabilización suelo-cemento o cal o productos químicos u otros.

#### 2.4.7. Ahuellamiento

Ahuellamiento de la superficie del pavimento debido a la deformación permanente de la sub rasante.

Funciones de transferencia para ahuellamiento de la sub rasante.

El criterio de falla por fatiga se expresa con la siguiente ecuación:

$$N_d = 1.365 * 10^{-9} * (\varepsilon_z)^{-4.477}$$

Donde:

$N_d$  = Número de repeticiones admisibles para prevenir el ahuellamiento de la superficie del pavimento.

$\varepsilon_z$  = Deformación unitaria por compresión en la parte superior de la sub rasante en strain (mm/mm).

De los resultados de las deformaciones admisibles tanto en la fibra interior de la capa asfáltica como en la parte superior en la sub rasante, el número de repeticiones admisibles por agrietamiento y ahuellamiento, así como la verificación mecanística, obtenida a través del valor de soporte de California CBR obtenido en las distintas combinaciones de mezcla.

#### **2.4.8. Especificaciones técnicas**

##### **Descripción**

“Este trabajo consiste en la construcción de una o más capas de afirmado (material granular seleccionado) como superficie de rodadura de una carretera, que pueden ser obtenidos en forma natural o procesados, debidamente aprobados, con o sin adición de estabilizadores de suelos, que se colocan sobre una superficie preparada. Los materiales aprobados son provenientes de canteras u

otras fuentes. Incluye el suministro, transporte, colocación y compactación del material, en conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en el Proyecto y aprobados por el Supervisor, y teniendo en cuenta lo establecido en el Plan de Manejo Ambiental. Generalmente el afirmado que se especifica en esta sección se utilizará como superficies de rodadura en carreteras no pavimentadas” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

### **Materiales**

“Para la construcción de afirmados, con o sin estabilizadores, se utilizarán materiales granulares naturales procedentes de excedentes de excavaciones, canteras, o escorias metálicas, establecidas en el Expediente Técnico y aprobadas por el Supervisor; así mismo podrán provenir de la trituración de rocas, gravas o estar constituidos por una mezcla de productos de diversas procedencias” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

“Las partículas de los agregados serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica, terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales. Sus condiciones de limpieza dependerán del uso que se vaya a dar al material. Para el traslado del material de afirmado al lugar de obra, deberá humedecerse y cubrirse con lona para evitar emisiones de material particulado, que pudiera afectar a los trabajadores y

poblaciones aledañas” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

Los requisitos de calidad que deben cumplir los materiales, deberán ajustarse a alguna de las siguientes franjas granulométricas, según lo indicado en la Tabla 2.

Tabla 2: Usos Granulométricos Para Afirmado Usos Granulométricos Para Afirmado

Tamiz	Porcentaje que pasa					
	A-1	A-2	C	D	E	F
50 mm (2")	100	—				
37,5 mm (1 1/2")	100	—				
25 mm (1")	90-100	100	100	100	100	100
19 mm (3/4")	65-100	80-100				
9,5 mm (3/8 ")	45-80	65-100	50-85	60-100		
4,75 mm (N.º 4)	30-65	50-85	35-65	50-85	55-100	70-100
2,0 mm (N.º 10)	22-52	33-67	25-50	40-70	40-100	55-100
425 µm (N.º 40)	15-35	20-45	15-30	25-45	20-50	30-70
75 µm (N.º 200)	5-20	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

Fuente: AASHTO M-147

Además, deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

- Desgaste Los Ángeles: 50% máx. (MTC E 207)
- Límite Líquido: 35% máx. (MTC E 110)
- Índice de Plasticidad: 4-9% (MTC E 111)
- CBR (1): 40% mín. (MTC E 132)

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0,1" (2,5 mm)

## **Requerimientos de construcción**

### **Explotación de materiales y elaboración de agregados**

“Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y equipos utilizados para su explotación y para la elaboración de los agregados requeridos, deberán tener aprobación previa del Supervisor, lo que no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el Contratista suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de cada especificación” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

“Todos los trabajos de clasificación de agregados y en especial la separación de partículas de tamaño mayor que el máximo especificado para cada gradación, se deberán efectuar en el sitio de explotación o elaboración y no se permitirá ejecutarlos en la vía” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

### **Preparación de la superficie existente**

“El material de afirmado se descargará cuando se compruebe que la plataforma sobre la cual se va a apoyar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias admitidas en la especificación respectiva deberán ser corregidas” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

## **Transporte y colocación del material**

“El Contratista deberá transportar y depositar el material de modo, que no se produzca segregación, evitando los derrames de material y por ende la contaminación de fuentes de agua, suelos y flora cercana al lugar, ni cause daño a las poblaciones aledañas” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

“La colocación del material sobre la capa subyacente se hará en una longitud que no sobrepase los 1.500 m del lugar de los trabajos de mezcla, conformación y compactación del material” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

## **Extensión, mezcla y conformación del material**

“El material se dispondrá en un cordón de sección uniforme, donde será verificada su homogeneidad. Si es necesario construir combinando varios materiales, se mezclarán formando cordones separados para cada material en la vía, que luego se unirán para lograr su mezclado. Si fuere necesario humedecer o airear el material, para lograr la humedad de compactación, el Contratista empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje una humedad uniforme en el material. Después de mezclado, se extenderá en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

## **Compactación**

“Cuando el material tenga la humedad apropiada, se compactará con el equipo aprobado hasta lograr la densidad especificada. En áreas inaccesibles a los rodillos, se usarán apisonadores mecánicos hasta lograr la densidad requerida” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

“La compactación se efectuará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de un tercio del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se hará del borde inferior al superior” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

## **Apertura al tránsito**

“Sobre las capas en ejecución se prohibirá la acción de todo tipo de tránsito mientras no se haya completado la compactación. Si ello no fuere posible, el tránsito que necesariamente tenga que pasar sobre ellas se distribuirá en forma tal que no se concentren huellas de rodaduras en la superficie” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

## **Aceptación de los trabajos**

### **Controles**

“Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar la implementación para cada fase de los trabajos.

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo aprobado por el supervisor y empleado por el Contratista.
- Comprobar que los materiales cumplen con los requisitos de calidad exigidos y en la respectiva especificación.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aceptado como resultado de los tramos de prueba.
- Ejecutar ensayos de compactación.
- Verificar la densidad de las capas compactadas efectuando la corrección previa por partículas de tamaño superior al máximo especificado, siempre que ello sea necesario. Este control se realizará en el espesor de capa realmente construida.
- Tomar medidas para determinar espesores, levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie granular mediante controles del IRI con equipos previamente definidos y calibrados.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados de acuerdo con los programas de trabajo.
- Vigilar la ejecución de las consideraciones ambientales incluidas en esta sección para la ejecución de obras.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

### **Calidad de los materiales**

De cada procedencia de los materiales a utilizarse y para cualquier volumen previsto se tomarán, cuatro muestras para los ensayos y frecuencias que se indican en la **Tabla 3**

Tabla 3: Ensayos Para Material De Afirmado

Material o producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de muestreo
Afirmado	Granulometría	<b>MTC E 204</b>	<b>C 136</b>	<b>T27</b>	1 cada 750 m <sup>3</sup>	Cantera (2)
	Límites de Consistencia	<b>MTC E 111</b>	<b>D 4318</b>	<b>T89</b>	1 cada 750 m <sup>3</sup>	Cantera (2)
	Abrasión Los Ángeles	<b>MTC E 207</b>	<b>C 131</b>	<b>T96</b>	1 cada 2.000 m <sup>3</sup>	Cantera (2)
	CBR	<b>MTC E 132</b>	<b>D 1883</b>	<b>T193</b>	1 cada 2.000 m <sup>3</sup>	Cantera (2)
	Densidad-Humedad	<b>MTC E 115</b>	<b>D 1557</b>	<b>T180</b>	1 cada 750 m <sup>2</sup>	Pista
	Compactación	<b>MTC E 117</b> <b>MTC E 124</b>	<b>D 1556</b> <b>D 2922</b>	<b>T191</b> <b>T238</b>	1 cada 250 m <sup>2</sup>	Pista

**Fuente: "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG – 2013)**

Notas:

(1) O antes, sí por su génesis, existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades fisio-mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del Proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada propiedad o característica.

(2) Material preparado previo a su uso.

**Los resultados deberán satisfacer las exigencias indicadas en la Subsección de (materiales).**

“Durante la etapa de producción, el Supervisor examinará las descargas a los acopios y ordenará el retiro de los materiales que presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado”. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

### **Calidad del trabajo terminado**

Los trabajos de afirmado terminados deberán presentar una superficie uniforme y ajustarse a las dimensiones, rasantes y pendientes establecidas en el Proyecto. La distancia entre el eje del Proyecto y el borde de la berma, no será inferior a la señalada en los planos. Este, además, deberá efectuar las siguientes comprobaciones:

### **Compactación**

“Las determinaciones de la densidad de la capa compactada se realizarán de acuerdo a lo indicado en la **Tabla 3** y los tramo por aprobar se definirán sobre la base de un mínimo de 6 determinaciones de densidad. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar, con la aprobación del Supervisor. Las densidades individuales ( $D_i$ ) deberán ser, como mínimo el 100% de la densidad obtenida en el ensayo Proctor Modificado de referencia (MTC E 115)  $D_i \geq D_e$ .

La humedad de trabajo no debe variar en  $\pm 2,0\%$  con respecto de Óptimo Contenido de Humedad, obtenido con el Proctor Modificado. En caso de no cumplirse estos términos se rechazará el tramo.

Siempre que sea necesario, se efectuarán las correcciones por presencia de partículas gruesas, previamente al cálculo de los porcentajes de compactación. La densidad de las capas compactadas, podrá ser determinada por cualquier método aplicable, de los descritos en las normas de ensayo MTC E 117, MTC E 124.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

### **Espesor**

“Sobre la base de los tramos escogidos para el control de la compactación, se determinará el espesor medio de la capa compactada ( $e_m$ ), el cual no podrá ser inferior al de diseño ( $e_d$ )  **$e_m \geq e_d$** .

Además, el valor obtenido en cada determinación individual ( $e_i$ ) deberá ser, cuando menos, igual al 95% del espesor del diseño, en caso contrario se rechazará el tramo controlado  **$e_i \geq 0,95 e_d$**

Todas las áreas de afirmado donde los defectos de calidad y terminación sobrepasen las tolerancias de la presente especificación, deberán ser corregidas por el Contratista, a su cuenta, costo y riesgo, de acuerdo con las instrucciones del Supervisor.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

### **Rugosidad**

“La rugosidad de la superficie afirmada, se medirá en unidades IRI, la que no deberá ser superior a 5 m/km” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

## **2.5 Definición de Términos – Conceptos**

### **2.5.1. Pavimento:**

“pueden definirse como un sistema que funciona obedeciendo determinadas leyes físicas reaccionando en forma de respuestas cuando es activado por funciones de excitación. Las leyes físicas consideradas, determinaran la forma en que interactúan los esfuerzos, las deformaciones unitarias, el tiempo y la temperatura. Es decir, el pavimento, es un sistema que está caracterizado por las propiedades, espesores y acomodo de los distintos materiales que conforman un conjunto de capas colocadas y apoyadas sobre otra, denominada "subrasante", con el propósito de recibir en forma directa las cargas del tránsito y transmitir las a los estratos inferiores en forma disipada y distribuyéndolas con uniformidad” (Garcia, 2013).

### **2.5.2. Carpeta**

“Es la parte que soporta directamente las solicitudes del tránsito y aporta las características funcionales y estructuralmente absorbe los esfuerzos horizontales y parte de los verticales. En condiciones de alta intensidad del tránsito puede llegar a alcanzar espesores considerables” (Garcia, 2013).

### **2.5.3. Base**

“La base es la capa situada bajo la carpeta, y su función es evidentemente resistente, pues absorbe la mayor parte de los esfuerzos verticales y su rigidez o su resistencia a la deformación bajo las

solicitaciones repetidas del tránsito suele corresponder a la intensidad del tránsito pesado. Para tránsito medio y ligero se emplean las tradicionales bases granulares, pero para tránsito pesado se emplean materiales granulares tratados con un cementante, denominadas bases asfálticas o bases de grava-cemento” (García, 2013).

#### **2.5.4. Sub-rasante**

“La sub-base es la capa que va debajo de la base y a su vez se construye sobre la capa sub-rasante. Esta capa puede no ser necesaria cuando la sub-rasante es de elevada capacidad de soporte. Su función es proporcionar a la base un cimiento uniforme y constituir una adecuada plataforma de trabajo para su colocación y compactación” (García, 2013).

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Según (Tamayo, 2003 pág. 28) “El método científico involucra el conocimiento científico y la investigación científica, este método es un proceso para descubrir las condiciones en que se detallan hechos específicos, que se caracteriza por ser tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y observación empírica”

En la presente investigación se iniciará con la caracterización del material ligante a través de la granulometría y los límites de Atterberg; de esta forma controlar las dosificaciones de las mezclas a estudiar de esta forma verificaremos la incidencia en valor de CBR y el nivel de ahuellamiento. Debido a lo detallado anteriormente el método empleado será el **Científico**.

## **3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

### **3.2.1. POR PROPÓSITO O FINALIDAD PERSEGUIDA**

**Investigación Aplicada:** por el mismo echo que los ensayos que se realizaran la investigación se llevaran a cabo en laboratorio donde lograremos encontrar una estrecha relación entre (los porcentajes del material ligante, el material granular) y (Valor de soporte de california del afirmado CBR, Valor de Ahuellamiento).

### **3.2.2. POR CLASE DE MEDIOS UTILIZADOS PARA OBTENER DATOS**

**Investigación Experimental:** ya que generaremos información a partir de los ensayos a realizarse en el laboratorio con la finalidad de modificar una realidad de los pavimentos a nivel de afirmado.

### **3.2.3. POR PROPÓSITO O FINALIDAD PERSEGUIDA**

**Investigación Exploratoria:** lo que se está llevando a cabo es descartar los aspectos fundamentales sobre los pavimentos a nivel de afirmado encontrar los procedimientos adecuados.

## **3.3 NIVEL DE IDENTIFICACIÓN**

Investigación se basa a un nivel “predictiva o experimental” (Romero, 2014).

La investigación que se está llevando a cabo luego de conocer las características del fenómeno o hecho que se investiga (variables) y las causas que van a determinar corresponderá a los requerimientos de un experimento con poblaciones y condiciones dadas.

### 3.4 MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.4.1. MÉTODO

La investigación experimental

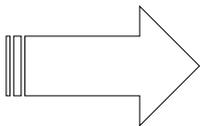
“Aunque el método empleado en la investigación experimental posee una unidad conceptual y operativa, según el problema planteado se pueden apreciar algunas diferencias entre sus diferentes variedades. Sin pretender presentar una detallada exposición de ellas, podemos considerar las siguientes:

- *Planteamiento de hipótesis, experimentación, comprobación.*
- *Experimentación sin hipótesis previa.*
- *Experimentación según el método prueba-error o éxito” (Sánchez, 2004)*

#### 3.4.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Experimental

El diseño de la investigación experimental será validado únicamente con post prueba y con un grupo de control aplicado a la realidad de los pavimentos a nivel de afirmado, siendo el experimento el método que nos permite extraer más sólidas y exactas conclusiones.

- |                                    |     |   |   |
|------------------------------------|-----|---|---|
| - Porcentaje del Material Ligante  | del |  | - Valor de soporte de califonia del afirmado CBR. |
| - Porcentaje del Material Granular | del |   | - Valor de Ahuellamiento                          |

## **3.5 VARIABLES E INDICADORES**

### **3.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

- % Material ligante de la mezcla.
- % Material granular de la mezcla.
- Índice de plasticidad de la mezcla.

### **3.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

- Valor de soporte de california del afirmado CBR
- Valor del ahuellamiento.

### **3.5.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

Las variables independientes, según su control por parte del investigador tiene un efecto sobre las variables dependientes que requieren un control por el investigador. El porcentaje de material ligante de la mezcla, el porcentaje granular de la mezcla y el índice de plasticidad de la muestra extraída de la carretera departamental HV109, según los datos necesarios obtenidos a través de los ensayos en laboratorio que serán controlados por el investigador tendrán un efecto según sus características en los valores de soporte de california (CBR) del afirmado y del ahuellamiento.

Tabla 4: Tabla de Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL		
		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
VI: -% Material ligante de la mezcla. -% Material granular de la mezcla. -Índice de plasticidad de la mezcla.	Materiales los cuales tienen como fin optimizar su uso en el diseño de mezcla.	D1: Porcentaje material ligante de la mezcla D2: Porcentaje material ligante de la mezcla D3: Porcentaje material ligante de la mezcla	I1: Cantidad en porcentaje de las muestras. I2: Cantidad en porcentaje de las muestras. I3: Cantidad en porcentaje del material ligante.	- Ficha de recolección de datos
VD: -Valor de soporte de california del afirmado CBR -Valor del ahuellamiento.	Valores que determinan las características de resistencia potencial.	D1: Valores de soporte de CBR. D1: Valor del ahuellamiento	I1: Valores de resistencia obtenidas a través del ensayo. I2: Valores de resistencia obtenidas a través del ensayo.	- Ficha de recolección de datos

Fuente: Elaboración Propia

## **3.6 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.6.1. POBLACIÓN**

Carretera a nivel de afirmado del Departamento de Huancavelica.

### **3.6.2. MUESTRA**

Línea de estudio que se realizará sobre la extracción de la muestra con la técnica de muestreo: no probabilístico, intencional, se dará en la carretera departamental HV 109 (Km123-Km145) –Huancavelica.

## **3.7 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

### **3.7.1. TÉCNICAS**

- Ensayo de granulometría de las muestras de material ligante y material granular, extraídos de las canteras del proyecto la carretera departamental HV 109.
- Dosificación de diferentes proporciones de ligante en la mezcla.
- Ensayo de límites de consistencia de la muestra.
- Ensayo de Proctor modificado de las muestras manipuladas
- Ensayo de valor de soporte de california CBR de las muestras manipuladas.
- Obtención del módulo elástico de la mezcla de muestra manipulada mediante procedimientos de correlación entre el CBR y E.

- Cálculo del ahuellamiento del pavimento, mediante modelos de predicción para cálculo del ahuellamiento por carga.

### **3.7.2. INSTRUMENTOS**

Los instrumentos que se utilizarán para la presente investigación serán las siguientes: set de tamices normalizados para ensayo de granulometría, set completo para ensayo de Proctor modificado, set completo para ensayo de valor de soporte de California CBR. Set completo de límites de consistencia, balanzas, horno, SOFTWARE especializados.

### **3.7.3. FUENTES**

Para los respectivos y necesarios ensayos que se realizara en la presente investigación nos respaldaremos con el “MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES, Ministerio de Transportes y Comunicaciones - mayo -2016”

### **3.7.4. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

El respectivo procesamiento de la recopilación de datos se procesará en Softwares como Excel, Matlab, SPSS y Otros.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS**

Aquí nos basaremos en el análisis de los resultados obtenidos a través de los ensayos requeridos para lograr el diseño óptimo de mezcla, a través de diferentes combinaciones de mezcla entre el material granular y el material ligante proveniente de la cantera más cercana a la Carretera Departamental HV-109, con los requerimientos mínimos de calidad.

##### **4.1.1. ANÁLISIS DE COMBINACIÓN 100% GRAVA – 0% LIGANTE**

La información obtenida de los ensayos trabajados. La muestra de agregado obtenida de acuerdo a MTC E 201 extraída de una zona cercana a la Carretera Departamental HV109 en la localidad de Huancavelica.

## Granulometría

En la tabla 5 se observa los resultados para determinar la distribución de tamaños de partículas, trabajando con una mezcla de 100% de Material granular y 0% de material ligante, determinando los porcentajes de mezcla que pasan por los diferentes tamices en una muestra de peso de 3000 gramos.

Tabla 5: Análisis granulométrico por tamizado, mezcla 100% - 0%

Tamiz ASTM	Abertura ( mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101,600				
3"	76,200				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				
1 1/2"	38,100				100,0
1"	25,400	545,0	18,2	18,2	81,8
3/4"	19,050	308,0	10,3	28,4	71,6
1/2"	12,700	359,0	12,0	40,4	59,6
3/8"	9,525	325,0	10,8	51,2	48,8
1/4"	6,350				
No. 4	4,760	557,0	18,6	69,8	30,2
No. 8	2,360	380,0	12,7	82,5	17,5
No. 10	2,000	156,0	5,2	87,7	12,3
No. 16	1,190	92,0	3,1	90,7	9,3
No 20	0,834				
No 30	0,600	122,0	4,1	94,8	5,2
No. 40	0,420	49,0	1,6	96,4	3,6
No. 50	0,300	30,0	1,0	97,4	2,6
No. 60	0,250				
No. 80	0,177				
No. 100	0,149	56,0	1,9	99,3	0,7
No. 200	0,075	17,0	0,6	99,9	0,1
< No. 200		4,0	0,1	100,0	

En la figura 1 se observa la curva granulométrica resultado de los porcentajes retenidos en cada uno de los tamices empleados en el ensayo, con un mayor porcentaje de agregado grueso en la muestra.

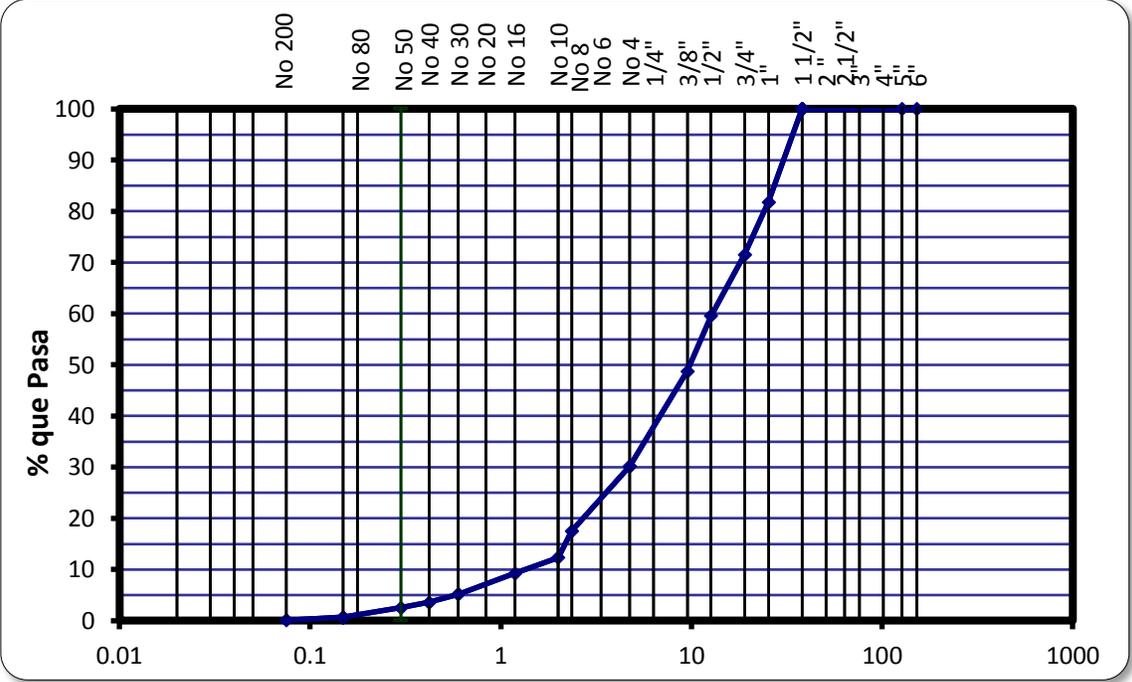


Figura 1: Curva granulométrica del agregado

**Límites de consistencia**

Los límites de Atterberg, límite de plasticidad o límite de consistencia, se usa para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, aunque su comportamiento tenga que variar a lo largo del tiempo.

En la tabla 6 se observa que no presenta limite plástico y que en el límite liquido no se llega a los 25 golpes por lo que se proyectara la línea, para poder lograr obtener un aproximado.

Tabla 6: Limite líquido y plástico del agregado 100% - 0%

	<b>LIMITE PLASTICO (MTC E 111)</b>		<b>HUM. NAT. (MTC E 108)</b>
	<b>SC-01</b>	<b>RT</b>	<b>MT</b>
Capsula Nro			
Peso de la Capsula (g)			8,92
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)			<b>16,23</b>
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)			<b>15</b>
Peso del Agua (g)			1
Peso del Suelo Seco (g)			6
Contenido de Humedad (%)			18,09
<b>PROMEDIO</b>	<b>NP</b>		<b>18,09</b>
	<b>LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)</b>		
	<b>TP-02</b>	<b>T-01</b>	<b>R</b>
Capsula Nro			
Peso de la Capsula (g)	15,99	18,05	17,95
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	44,26	46,48	53,44
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	39,64	42,02	48,14
Numero de Golpes	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>22</b>
Peso del agua (g)	4,62	4,46	5,30
Peso del Suelo Seco (g)	23,65	23,97	30,19
Contenido de Humedad (%)	<b>19,53</b>	<b>18,61</b>	<b>17,56</b>

En la figura 2 se observa la proyección estimada a través de una línea, ya que este agregado no llega a los 25 golpes, obteniendo de esta manera un valor de 17.1 % de limite líquido. A partir de lo analizado podemos decir que el agregado de 100% de grava y 0% de material ligante no presenta índice de plasticidad.

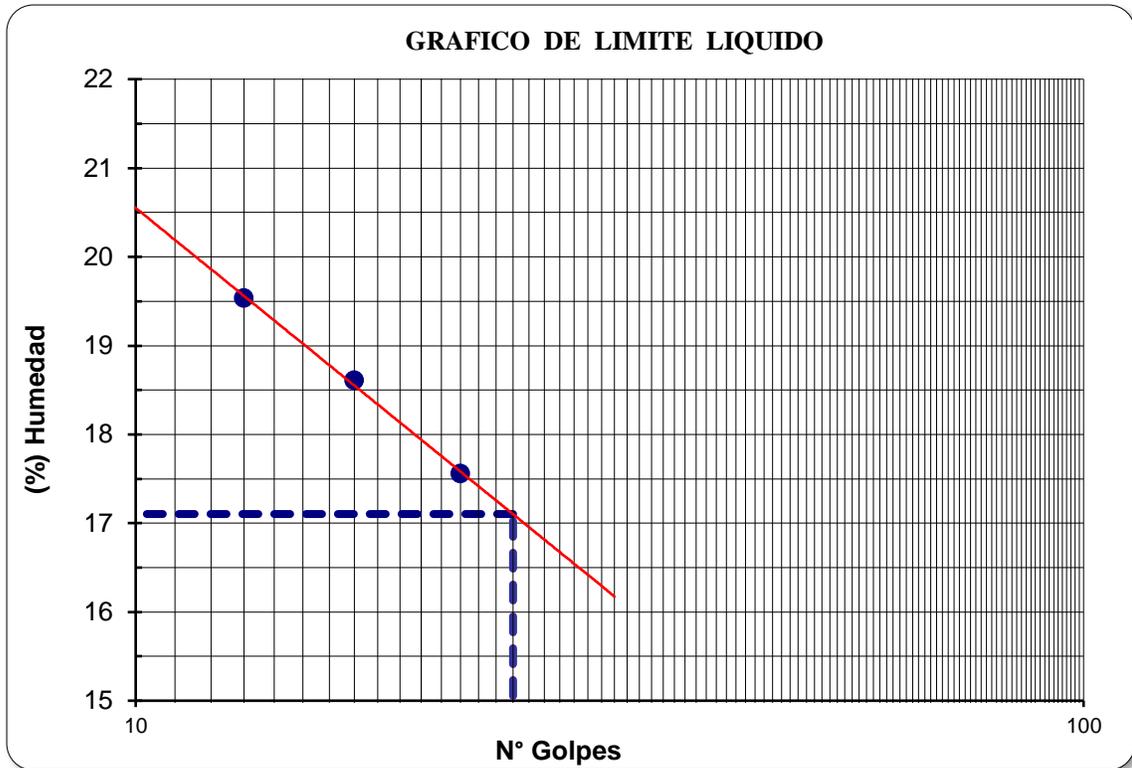


Figura 2: Limite liquido agregado 100% - 0%

LIMITE LIQUIDO : 17,1      LIMITE PLÁSTICO : NP      IND. PLASTICIDAD : NP

### Compactación de suelos usando energía modificada

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos que son compactados en un molde de 4 o de 6 pulgadas de diámetro mediante un pisón que ejerce 44.5 N de fuerza, dejándolo caer de una altura de 18 pulgadas, produciendo de esta manera una energía de compactación de 56000 lb-pie/pie<sup>3</sup>.

Se proporcionan 3 métodos alternativos definidos por el análisis granulométrico, por lo que en este caso será aplicado el método C, al retener por el Tamiz 3/8" > 20% y al

retener en el tamiz  $\frac{3}{4}$ " < 30 %, trabajando de esta forma con material pasante de Tamiz  $\frac{3}{4}$ ", a 5 capas con 56 golpes en cada una. La preparación de muestras para este ensayo se realiza por el método de cuarteo de esta forma tomar una muestra representativa.

En la tabla 7 se observa los datos obtenidos a través del ensayo de Proctor por el método C, determinado por la granulometría de la muestra de 100% de Grava.

Tabla 7: Ensayo de Proctor por método C

Método de compactación				C	
Numero de golpes				56	
Numero de capas				5	
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA		1	2	3	4
1. Peso suelo húmedo. + molde	g	11087	11389	11354	11367
2. Peso del molde	g	6485	6485	6488	6485
3. Volumen del molde	cc	2037	2037	2037	2037
4. Peso suelo húmedo	g	4602	4904	4866	4882
<b>5. Densidad suelo húmedo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2,259</b>	<b>2,407</b>	<b>2,389</b>	<b>2,397</b>
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		T-08	TARA T	T-P 01	TP-02
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	449,0	436,0	410,0	450,0
8. Peso del suelo seco capsula	g	431,0	413,0	379,0	411,0
9. Peso del agua	g	18,0	23,0	31,0	39,0
10. Peso de la capsula	g	50,0	49,0	51,0	51,0
11. Peso del suelo seco	g	381,0	364,0	328,0	360,0
12. Contenido de humedad	%	4,72	6,32	9,45	10,83
<b>13. Promedio de cont. de humedad</b>	<b>%</b>	<b>4,7</b>	<b>6,3</b>	<b>9,5</b>	<b>10,8</b>
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
<b>14. Densidad seca del suelo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2,157</b>	<b>2,264</b>	<b>2,183</b>	<b>2,162</b>

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3 observamos la curva de densidad seca donde están graficados los 4 puntos trabajados a diferentes porcentajes de contenido de humedad, esta forma obtenemos una humedad óptima de la muestra y una densidad máxima.

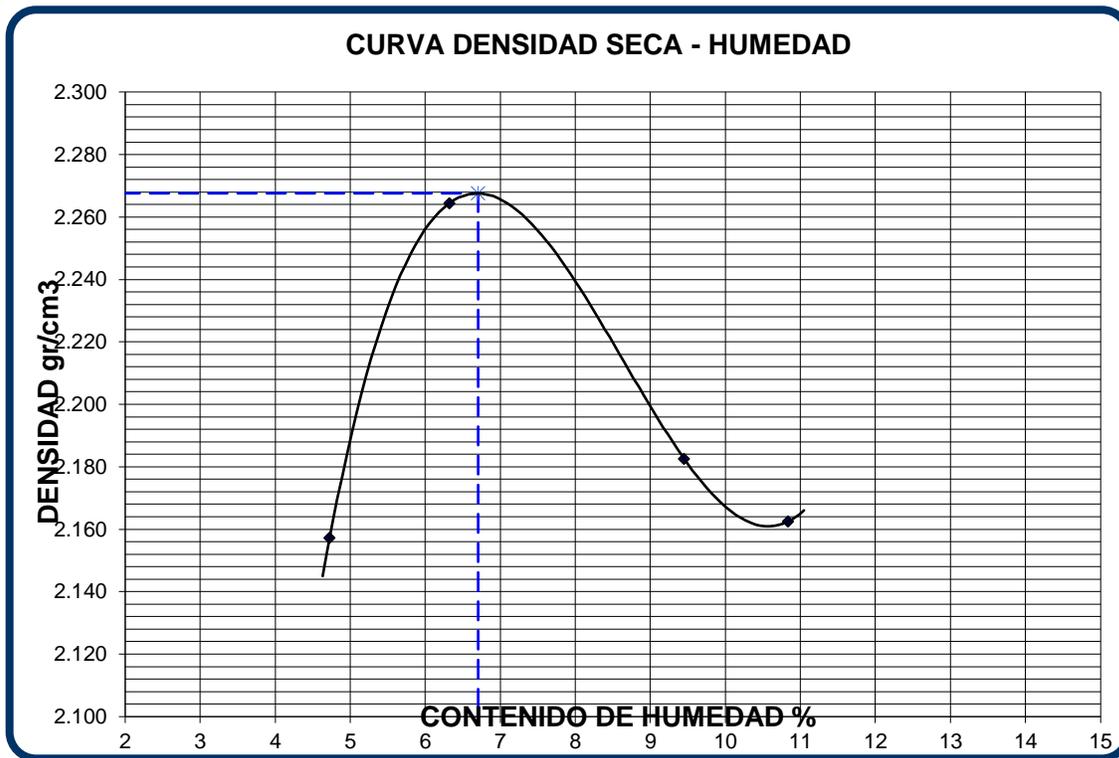


Figura 3: Gráfica de curva de densidad seca, muestra 100% - 0%

RESULTADOS	
Humedad optima (%)	6,7
Densidad Maxima (g/cm <sup>3</sup> )	2,268

### Relación de soporte de california(CBR)

En este ensayo se pretende determinar la relación de soporte de California de un suelo de la grava 100% – 0%, sometiéndola a esfuerzos cortantes, además de evaluar su calidad relativa para su uso en pavimento a nivel de afirmado. Una vez determinada la humedad óptima mediante el ensayo de Proctor (6.7%) y la densidad

máxima (2.268 g/cm<sup>3</sup>). Se procede a compactar la muestra en su interior, aplicando los golpes normados por cada molde preparado. Teniendo de esta manera tres muestras a 10, 25 y 56 golpes.

En la tabla 8 se observa los datos de CBR, analizados en tres muestras trabajadas a 56 golpes, 25 golpes y 10 golpes. Tenemos también que la muestra de 100% de grava no presento expansión y se presentan los datos de penetración que se analizaran en comparación a las demás combinaciones de mezcla.

Tabla 8: Datos CBR, agregado 100% - 0%

Molde N°	25		32		15	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (g)	9581		9079		8920	
Peso de molde (g)	4208		4129		4157	
Peso del suelo húmedo (g)	5373		4950		4763	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2127		2113		2119	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2,526		2,343		2,248	
Humedad (%)	8,55		8,65		8,99	
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2,327</b>		<b>2,156</b>		<b>2,063</b>	
Tarro N°	25		32		15	
Tarro + Suelo húmedo (g)	943,00		1003,60		1074,80	
Tarro + Suelo seco (g)	873,60		930,80		993,50	
Peso del Agua (g)	69,40		72,80		81,30	
Peso del tarro (g)	61,50		89,20		89,50	
Peso del suelo seco (g)	812,10		841,60		904,00	
<b>Humedad (%)</b>	<b>8,55</b>		<b>8,65</b>		<b>8,99</b>	

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
				<b>NO EXPANSIVO</b>							

PENETRACION													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 25				MOLDE N° 32				MOLDE N° 15			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0,000		0	0			0	0			0	0		
0,025		15	61			5	26			2	15		
0,050		51	186			24	93			7	34		
0,075		84	302			59	235			19	77		
0,100	70,3	169	566	470	34,6	98	351	400	29,5	37	138	360	26,5
0,125		205	835			144	512			103	368		
0,150		258	1004			193	684			140	498		
0,200	105,0	328	1349	930	45,9	246	870	800	39,5	183	649	710	35,0
0,300		415	1562			306	1376			231	887		
0,400		495	1874			360	1570			291	1128		
0,500													

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4 se observa la gráfica de penetración, presentando el CBR en porcentaje y la densidad seca (gr/cc) obtenido de la muestra de 100% de grava, que se comparara con las demás combinaciones de mezcla de grava y material ligante.

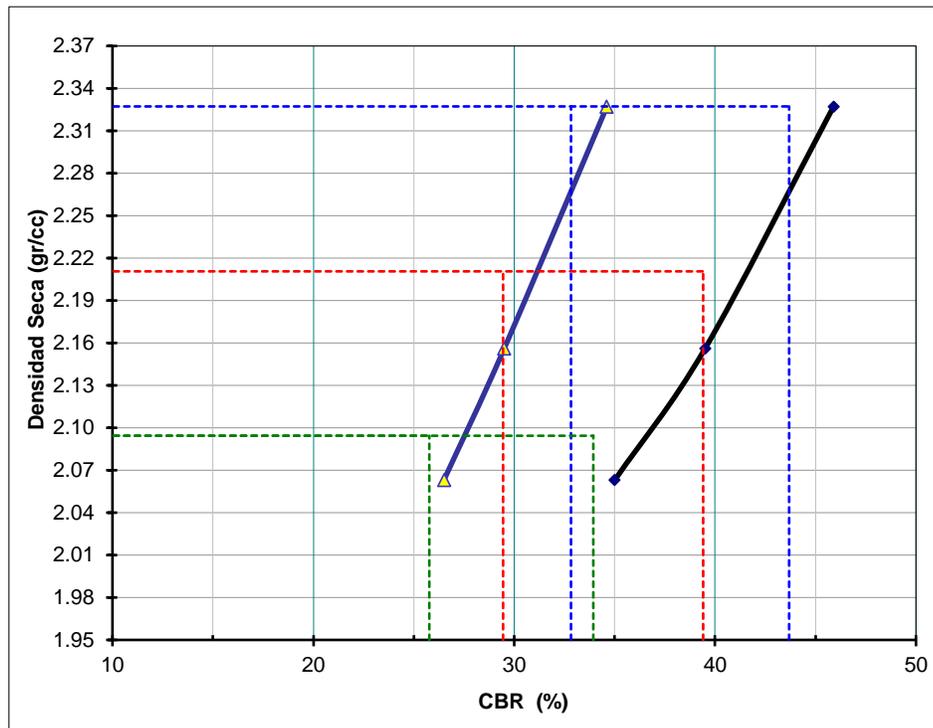


Figura 4: Gráfico de penetración del CBR (100% - 0%)

Fuente: Elaboración propia

En las figuras 5, 6 y 7 se tiene la resistencia a la penetración en pulgadas por carga en kg/cm<sup>2</sup>, en cada muestra trabajada a 10, 25 y 56 golpes. El valor de relación de soporte (CBR) se presenta al 100% y al 95% de su máxima densidad seca, teniendo valores de penetración a 1" y a 2".

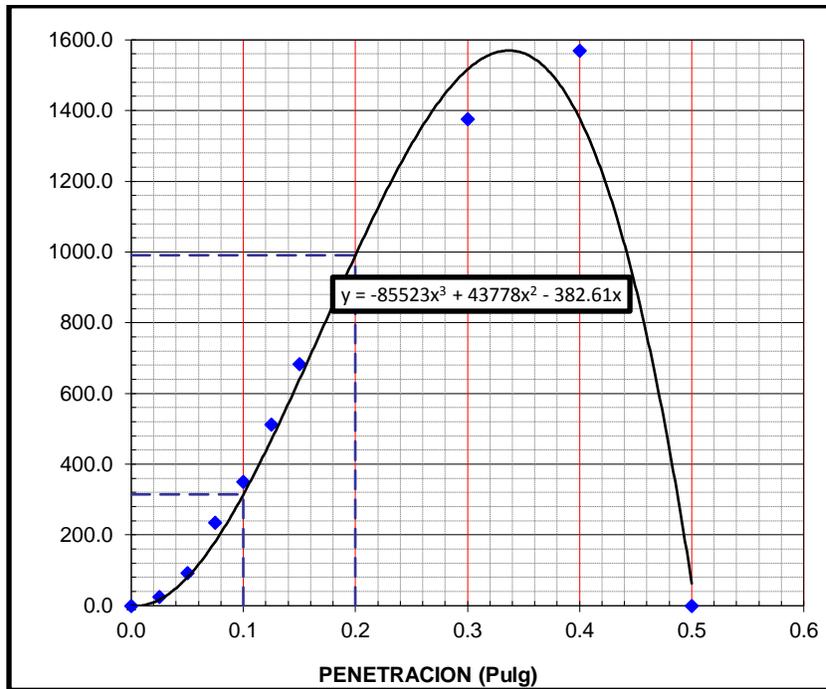


Figura 5: EC = 25 golpes (100% - 0%)

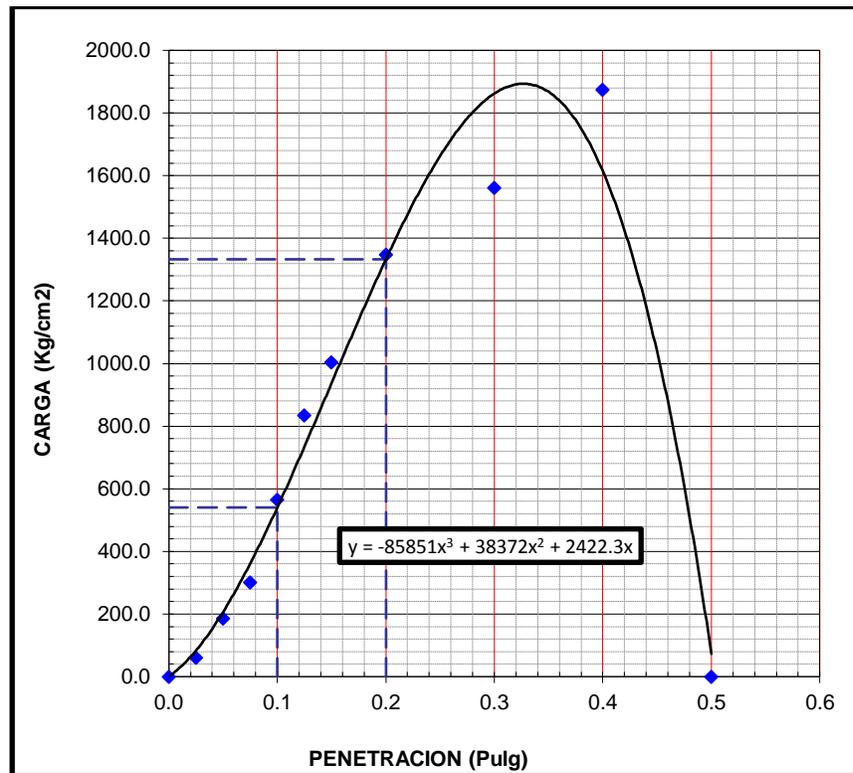


Figura 6: Tabla 13: EC = 56 golpes (100% - 0%)

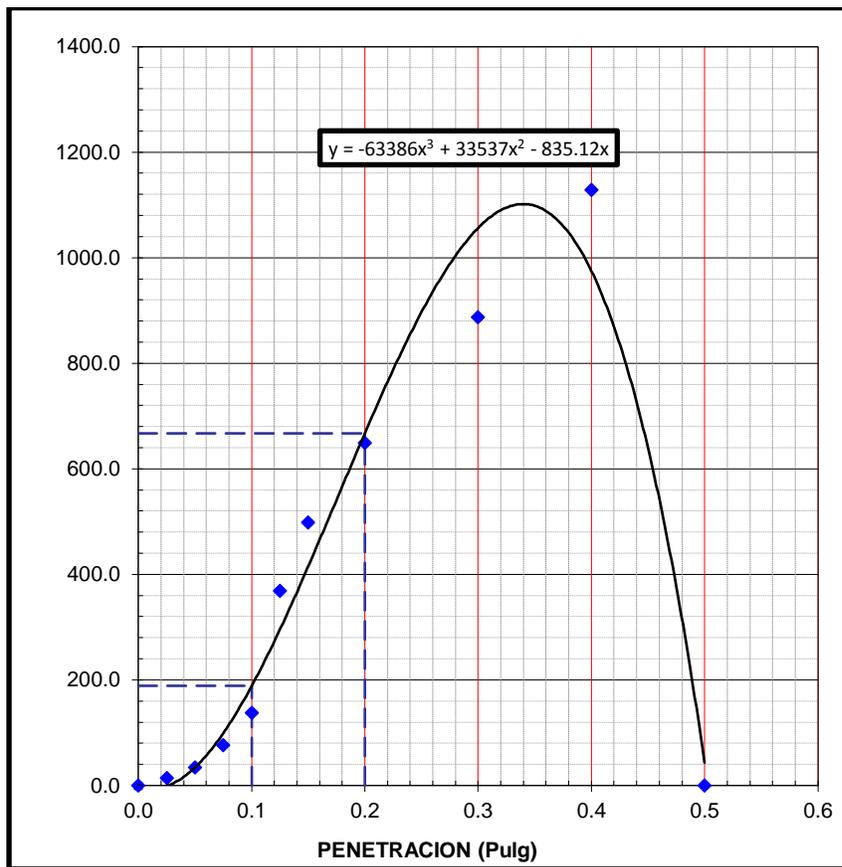


Figura 7: EC = 10 golpes (100% - 0%)

**RESULTADOS:**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	<b>32,8</b>	0.2":	<b>43,7</b>
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	<b>29,4</b>	0.2":	<b>39,4</b>

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el mecanismo de la prensa, tratando de mantener una velocidad uniforme de 1.27.mm por minuto. En este al contar con una prensa manual que no cuenta con una velocidad automática, se contrala mediante el deforma miento de penetración (Dial) y un cronometro. Trabajando de esta manera con las lecturas de carga para cada penetración.

#### 4.1.2. ANÁLISIS DE COMBINACIÓN 95% GRAVA – 5% LIGANTE

La proporción usada para trabajar las combinaciones entre grava y material ligante se hizo por porcentajes dando 95% de grava y 5% de material ligante.

#### Granulometría

En la tabla 9 se observan los resultados en la determinación de los porcentajes de mezcla que pasan por los diferentes tamices en una muestra de 3000 gramos.

Tabla 9: Análisis granulométrico por tamizado, mezcla 95% – 5%

Tamiz ASTM	Abertura ( mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	531.0	17.7	17.7	82.3
3/4"	19.050	295.0	9.8	27.5	72.5
1/2"	12.700	347.0	11.6	39.1	60.9
3/8"	9.525	326.0	10.9	50.0	50.0
1/4"	6.350				
No. 4	4.760	542.0	18.1	68.0	32.0
No. 8	2.360	387.0	12.9	80.9	19.1
No. 10	2.000	168.0	5.6	86.5	13.5
No. 16	1.190	98.0	3.3	89.8	10.2
No 20	0.834				
No 30	0.600	145.0	4.8	94.6	5.4
No. 40	0.420	78.0	2.6	97.2	2.8
No. 50	0.300	28.0	0.9	98.2	1.8
No. 60	0.250				
No. 80	0.177				
No. 100	0.149	35.0	1.2	99.3	0.7
No. 200	0.075	17.0	0.6	99.9	0.1
< No. 200		3.0	0.1	100.0	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 8 se observa la curva granulométrica resultado de los porcentajes retenidos en cada uno de los tamices empleados en el ensayo, con un mayor porcentaje de agregado grueso en la muestra.

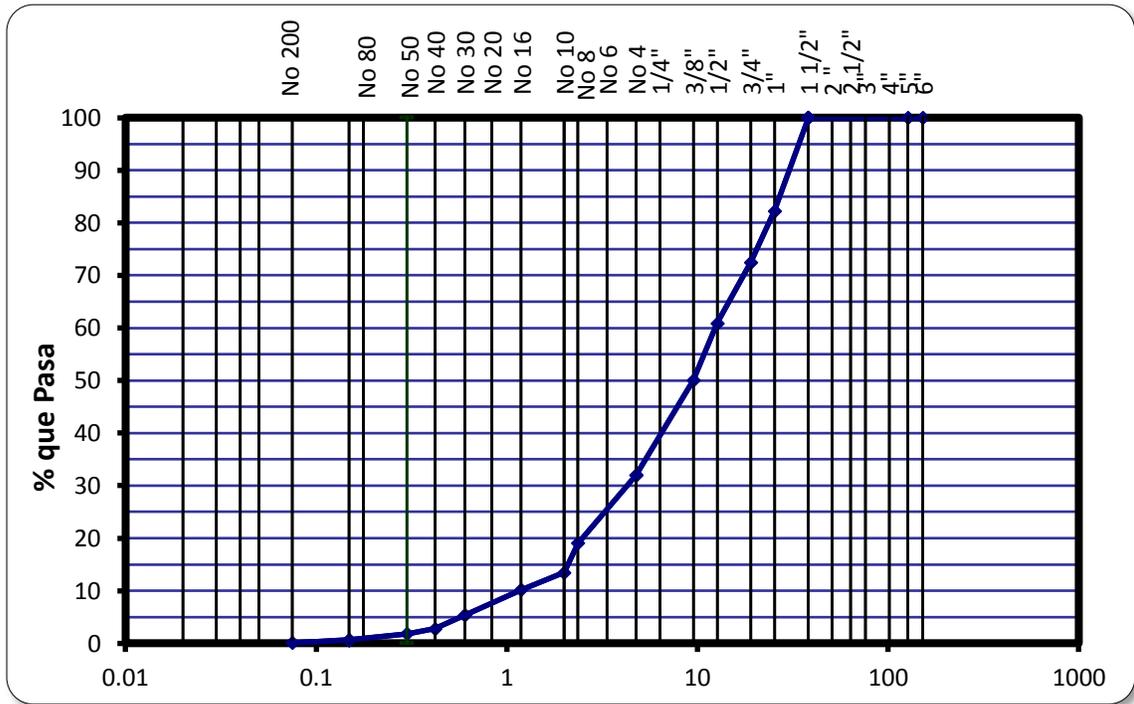


Figura 8: Curva granulométrica del agregado

### Límites de consistencia

En la tabla 10 se tiene las gráficas de límites de consistencia, donde se obtiene que al igual que la combinación 100% de grava y 0 % de material ligante, no presenta un límite plástico, y de la misma forma se tiene que en el ensayo de limite liquido no llega a los 25 golpes, por lo que se proyecta una línea para obtener un límite liquido aproximado, por lo analizado, la mezcla en estudio no presenta índice de plasticidad.

Tabla 10: Limite líquido y plástico del agregado 95% - 5%

	<b>LIMITE PLASTICO (MTC E 111)</b>		<b>HUM. NAT. (MTC E 108)</b>
	<b>SC-01</b>	<b>RT</b>	<b>MT</b>
Capsula Nro			
Peso de la Capsula (g)			8.92
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)			<b>16.23</b>
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)			<b>15</b>
Peso del Agua (g)			1
Peso del Suelo Seco (g)			6
Contenido de Humedad (%)			18.09
<b>PROMEDIO</b>	<b>NP</b>		<b>18.09</b>
	<b>LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)</b>		
	<b>TP-01</b>	<b>T</b>	<b>Z</b>
Capsula Nro			
Peso de la Capsula (g)	16.1	18.2	17.47
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	44.27	46.39	51.08
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	39.64	42.02	46.02
Numero de Golpes	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>21</b>
Peso del agua (g)	4.63	4.37	5.06
Peso del Suelo Seco (g)	23.54	23.82	28.55
Contenido de Humedad (%)	<b>19.67</b>	<b>18.35</b>	<b>17.72</b>

Fuente: Elaboración propia

En la figura 9 se observa la proyección estimada a través de una línea, ya que este agregado no llega a los 25 golpes, obteniendo de esta manera un valor de 16.6 % de limite líquido.

De esta misma forma podemos decir que el agregado 95% – 5% no presenta índice de plasticidad.

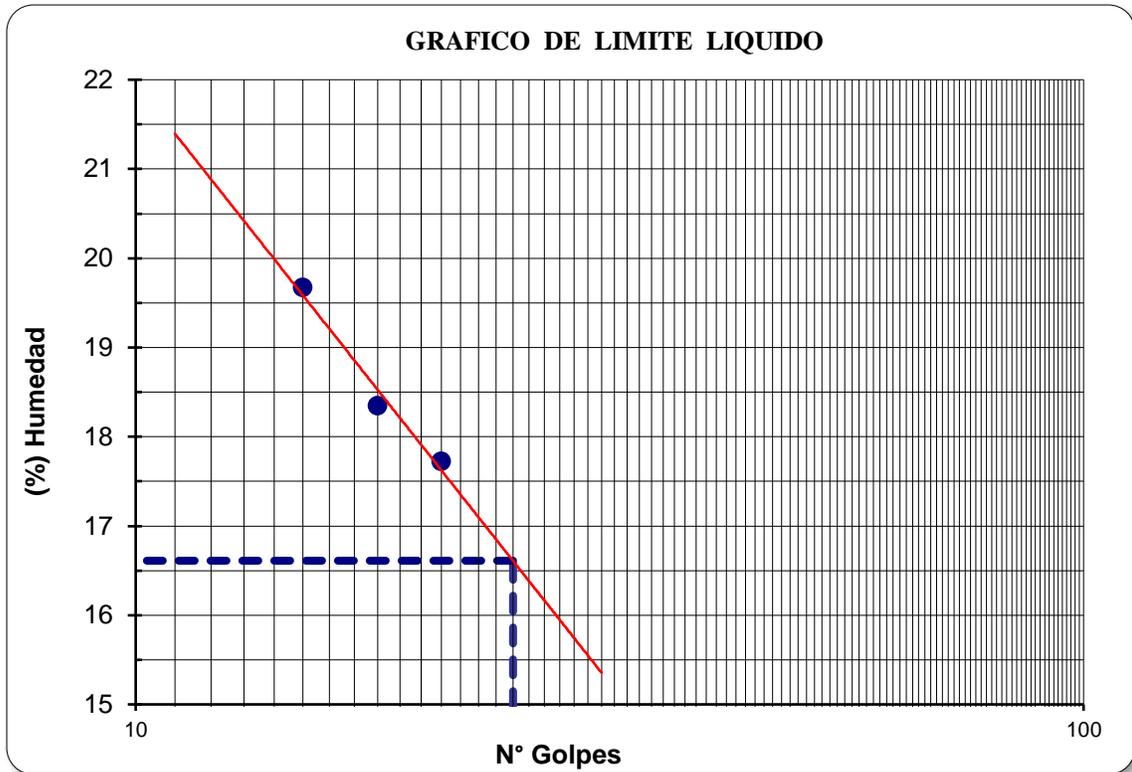


Figura 9: Límite líquido agregado 95% - 5%

LÍMITE LÍQUIDO : 16,6      LÍMITE PLÁSTICO : NP      IND. PLASTICIDAD : NP

### Compactación de suelos usando energía modificada

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos que son compactados en un molde de 6 pulgadas de diámetro mediante un pisón que ejerce 44.5 N de fuerza, dejándolo caer de una altura de 18 pulgadas, produciendo de esta manera una energía de compactación de 56000 lb-pie/pie<sup>3</sup>.

Se proporcionan 3 métodos alternativos definidos por el análisis granulométrico, por lo que en este caso será aplicado el método C, al retener por el Tamiz 3/8" > 20% y al

retener en el tamiz  $\frac{3}{4}$ " < 30 %, trabajando de esta forma con material pasante de Tamiz  $\frac{3}{4}$ ", a 5 capas con 56 golpes en cada una.

La preparación de muestras para este ensayo se realiza por el método de cuarteo de esta forma tomar una muestra representativa, para cada una de las 4 pruebas con distintos porcentajes de contenidos de humedad (4%, 6%, 8% y 10%).

En la tabla 11 se observa los datos obtenidos a través del ensayo de Proctor por el método C, determinado por la granulometría.

Tabla 11: Ensayo de Proctor por método C – mezcla 95% - 5%

<b>Método de compactación</b>					<b>C</b>
<b>Numero de golpes</b>					<b>56</b>
<b>Numero de capas</b>					<b>5</b>
<b>CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1. Peso suelo húmedo. + molde	g	11086	11396	11483	11478
2. Peso del molde	g	6485	6485	6488	6485
3. Volumen del molde	cc	2037	2037	2037	2037
4. Peso suelo húmedo	g	4601	4911	4995	4993
<b>5. Densidad suelo húmedo</b>	g/cc	<b>2.259</b>	<b>2.411</b>	<b>2.452</b>	<b>2.451</b>
<b>CALCULO DE HUMEDAD</b>					
6. Capsula Nº		T-02	R	T-P 15	TP-05
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	453.0	441.0	422.0	451.0
8. Peso del suelo seco + capsula	g	441.0	417.0	389.0	411.0
9. Peso del agua	g	12.0	24.0	33.0	40.0
10. Peso de la capsula	g	51.0	50.0	50.0	51.0
11. Peso del suelo seco	g	390.0	367.0	339.0	360.0
12. Contenido de humedad	%	3.08	6.54	9.73	11.11
<b>13. Promedio de cont. de humedad</b>	%	<b>3.1</b>	<b>6.5</b>	<b>9.7</b>	<b>11.1</b>
<b>CALCULO DE DENSIDAD SECA</b>					
<b>14. Densidad seca del suelo</b>	g/cc	<b>2.191</b>	<b>2.263</b>	<b>2.235</b>	<b>2.206</b>

Fuente: Elaboración propia

En la figura 10 observamos la curva de densidad seca donde están graficados los 4 puntos trabajados a diferentes porcentajes de contenido de humedad, esta forma obtenemos una humedad óptima de la muestra y una densidad máxima.

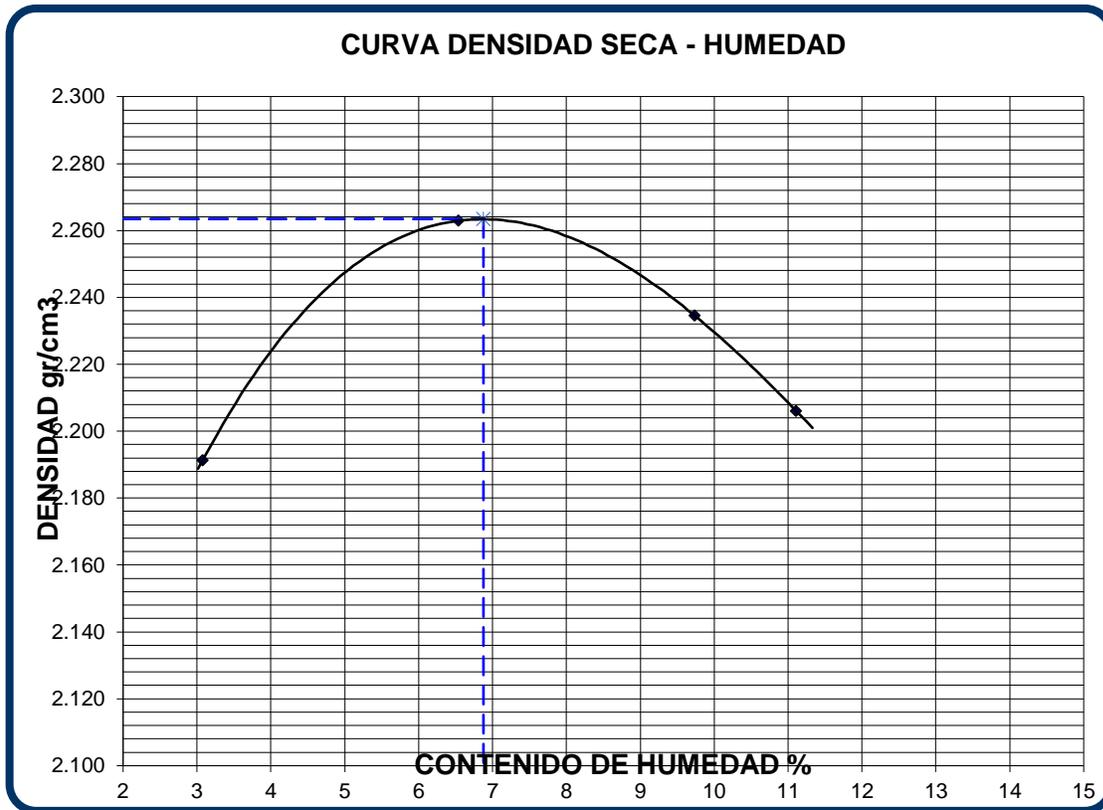


Figura 10: Grafica de curva de densidad seca, agregado 95% - 5%

RESULTADOS	
Humedad optima (%)	6,9
Densidad Maxima (g/cm <sup>3</sup> )	2,263

### Relación de soporte de california(CBR)

En este ensayo se pretende determinar la relación de soporte de California de un suelo de la grava 95% – 5% someténdola a esfuerzos cortantes, además de evaluar su calidad relativa para su uso en pavimento a nivel de afirmado.

Una vez determinada la humedad óptima mediante el ensayo de Proctor (6.9%) y la densidad máxima (2.263 g/cm<sup>3</sup>). Se procede a compactar la muestra en su interior, aplicando los golpes normados por cada molde preparado. Teniendo de esta manera tres muestras a 10, 25 y 56 golpes.

En la tabla 12 se observa los datos de CBR, analizados en tres muestras trabajadas a 56 golpes, 25 golpes y 10 golpes. Tenemos también que la muestra de 95% de grava y 5% ligante no presento expansión y se presentan los datos de penetración que se analizaran en comparación a las demás combinaciones de mezcla.

Tabla 12: Datos CBR, agregado 95% – 5%

Molde N°	56		25		10	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (g)	9613		9594		9513	
Peso de molde (g)	4252		4598		4682	
Peso del suelo húmedo (g)	5361		4996		4831	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2127		2113		2119	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.520		2.364		2.280	
Humedad (%)	7.04		8.54		7.67	
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.354</b>		<b>2.178</b>		<b>2.118</b>	
Tarro N°	25		25		15	
Tarro + Suelo húmedo (g)	583.00		458.00		471.00	
Tarro + Suelo seco (g)	548.00		426.00		441.00	
Peso del Agua (g)	35.00		32.00		30.00	
Peso del tarro (g)	51.00		51.50		50.00	
Peso del suelo seco (g)	497.00		374.50		391.00	
<b>Humedad (%)</b>	<b>7.04</b>		<b>8.54</b>		<b>7.67</b>	

EXPANSION												
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		
				mm	%		mm	%		mm	%	
				<b>NO EXPANSIVO</b>								

PENETRACION													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/c m <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/c m <sup>2</sup>	kg/c m <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/c m <sup>2</sup>	kg/c m <sup>2</sup>	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		0.64	24			0.64	27			0.64	15		
0.050		1.27	58			1.27	70			1.27	38		
0.075		1.91	115			1.91	137			1.91	75		
0.100	70.3	2.54	200	470.0 0	34.6	2.54	116	400.0 0	29.5	2.54	103	360.0 0	26.5
0.125		3.18	305			3.18	298			3.18	278		
0.150		3.81	435			3.81	426			3.81	415		
0.200	105.0	5.08	775	930.0 0	45.9	5.08	735	800.0 0	39.5	5.08	731	710.0 0	35.0
0.300		7.62	1695			7.62	1538			7.62	1547		
0.400		10.16	1934			10.16	1834			10.16	1802		
0.500		12.70	2015			12.70	1987			12.70	1968		

Fuente: Elaboración propia

En la figura 11 se observa la gráfica de penetración, presentando el CBR en porcentaje y la densidad seca (gr/cc) obtenido de la muestra de 95% de grava y 5% ligante, obteniendo una resistencia ligeramente menor a la de 100% de grava.

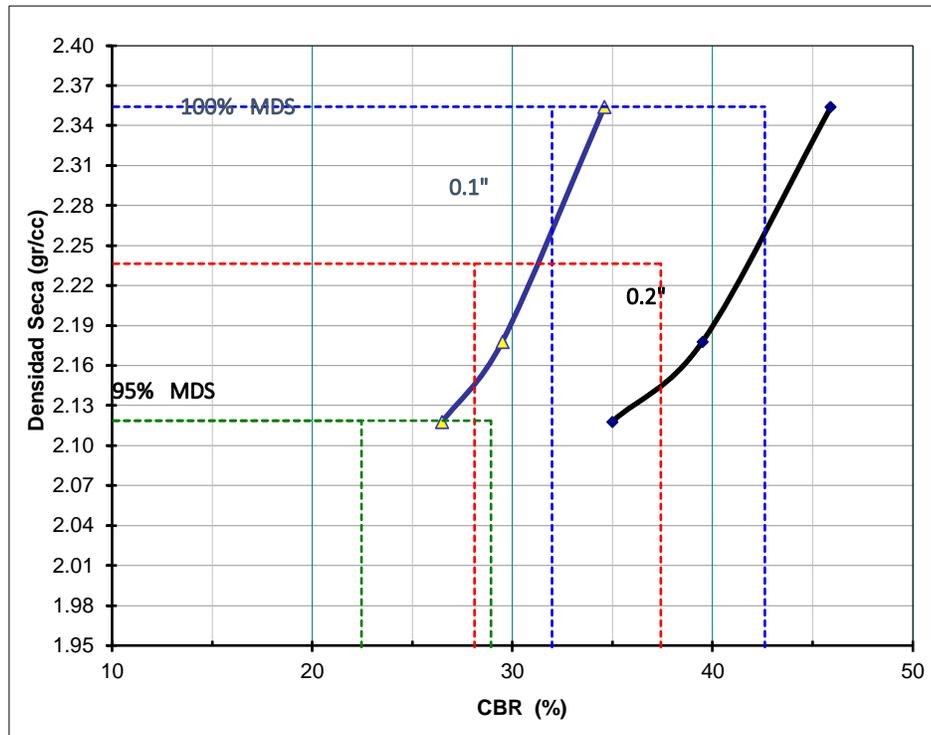


Figura 11: Gráfico de penetración del CBR

En las figuras 12, 13 y 14 se tiene la resistencia a la penetración en pulgadas por carga en kg/cm<sup>2</sup>, en cada muestra trabajada a 10, 25 y 56 golpes. El valor de relación de soporte (CBR) se presenta al 100% y al 95% de su máxima densidad seca, teniendo valores de penetración a 1" y a 2".

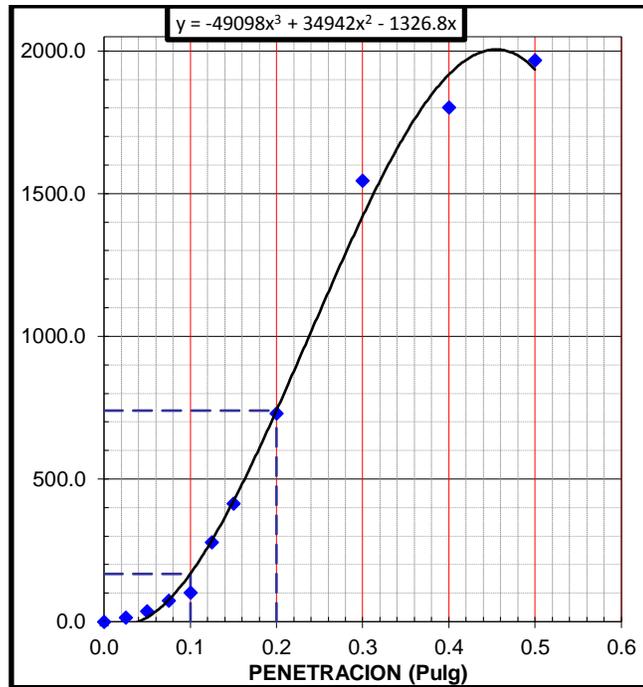


Figura 12: EC = 10 golpes (95% - 5%)

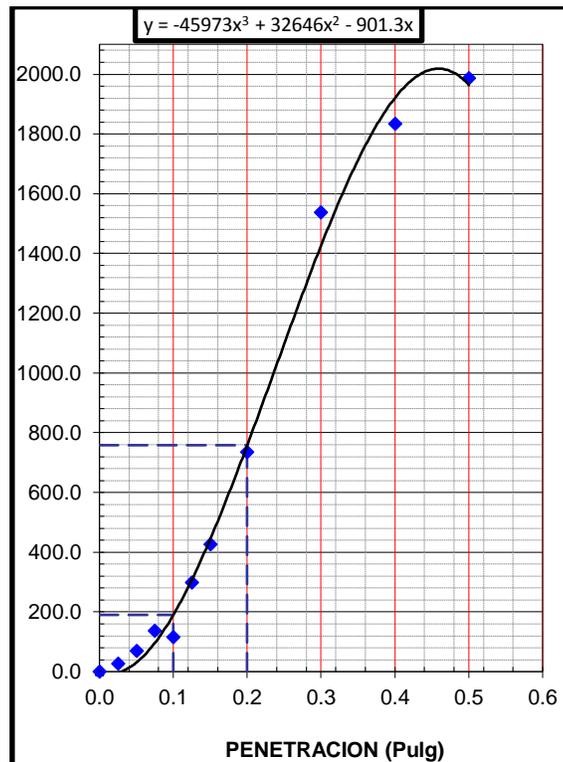


Figura 13: EC = 25 golpes (95% - 5%)

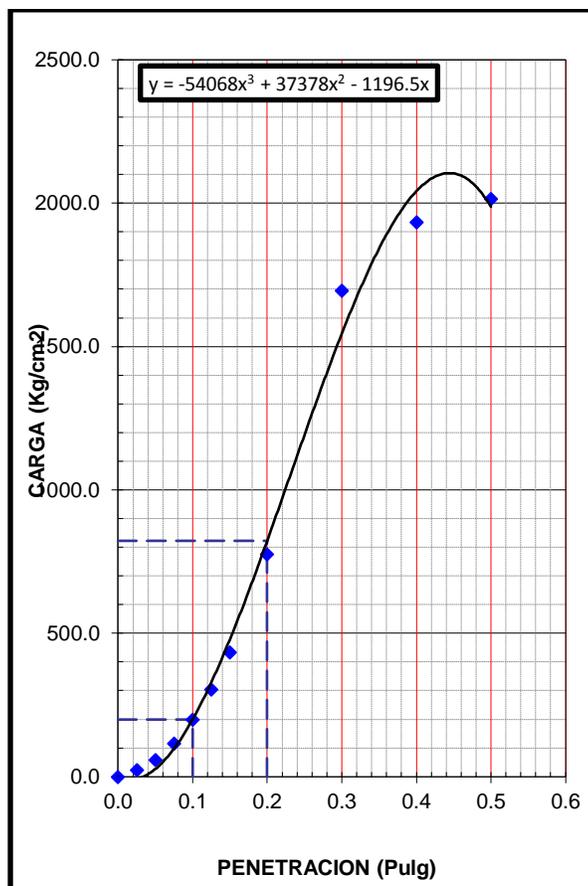


Figura 14: EC = 56 golpes (95% - 5%)

**RESULTADOS:**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	<b>32.0</b>	0.2":	<b>42.6</b>
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	<b>28.1</b>	0.2":	<b>37.4</b>

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el mecanismo de la prensa, tratando de mantener una velocidad uniforme de 1.27.mm por minuto. En este al contar con una prensa manual que no cuenta con una velocidad automática, se contrala mediante el deforma miento de penetración (Dial) y un cronometro. Trabajando de esta manera con las lecturas de carga para cada penetración, a través de este procedimiento se encuentra que el CBR de 95%-5% presenta un ligero descenso en comparación a la muestra de 100%-0%.

### 4.1.3. ANÁLISIS DE COMBINACIÓN 90% GRAVA – 10% LIGANTE

La proporción usada para trabajar las combinaciones entre grava y material ligante se hizo por porcentajes dando 90% de grava y 10% de material ligante.

#### Granulometría

En la tabla 13 se observan los resultados en la determinación de los porcentajes de mezcla que pasan por los diferentes tamices en una muestra de 3000 gramos.

Tabla 13: Análisis granulométrico por tamizado, mezcla 90% - 10%

Tamiz ASTM	Abertura ( mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	542.0	18.1	18.1	81.9
3/4"	19.050	289.0	9.6	27.7	72.3
1/2"	12.700	343.0	11.4	39.1	60.9
3/8"	9.525	313.0	10.4	49.6	50.4
1/4"	6.350				
No. 4	4.760	538.0	17.9	67.5	32.5
No. 8	2.360	373.0	12.4	79.9	20.1
No. 10	2.000	176.0	5.9	85.8	14.2
No. 16	1.190	108.0	3.6	89.4	10.6
No 20	0.834				
No 30	0.600	162.0	5.4	94.8	5.2
No. 40	0.420	79.0	2.6	97.4	2.6
No. 50	0.300	24.0	0.8	98.2	1.8
No. 60	0.250				
No. 80	0.177				
No. 100	0.149	27.0	0.9	99.1	0.9
No. 200	0.075	19.0	0.6	99.8	0.2
< No. 200		7.0	0.2	100.0	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 15 se observa la curva granulométrica resultado de los porcentajes retenidos en cada uno de los tamices empleados en el ensayo, con un mayor porcentaje de agregado grueso en la muestra.

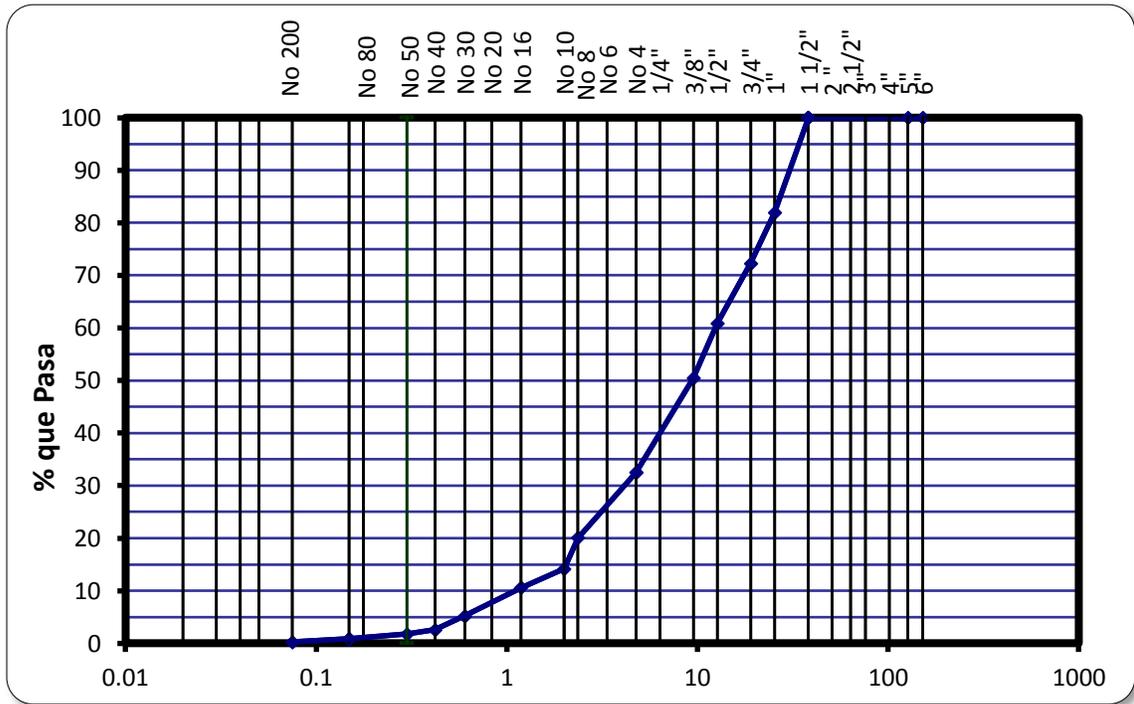


Figura 15: Curva granulométrica del agregado 90% -10%

### Límites de consistencia

En la tabla 14 se tiene las gráficas de límites de consistencia, donde se obtiene que al igual que la combinación 100% de grava y 0 % de material ligante, no presenta un límite plástico, y de la misma forma se tiene que en el ensayo de limite liquido no llega a los 25 golpes, por lo que se proyecta una línea para obtener un límite liquido aproximado, por lo analizado, la mezcla en estudio no presenta índice de plasticidad.

Tabla 14: Limite líquido y plástico del agregado 90% - 10%

	LIMITE PLASTICO (MTC E 111)		HUM. NAT. (MTC E 108)
	T	Z	MT
Capsula Nro			
Peso de la Capsula (g)			16
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)			32.3
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)			31
Peso del Agua (g)			2
Peso del Suelo Seco (g)			15
Contenido de Humedad (%)			10.88
<b>PROMEDIO</b>	<b>NP</b>		<b>10.88</b>
	<b>LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)</b>		
Capsula Nro	<b>C02</b>	<b>IP</b>	<b>R</b>
Peso de la Capsula (g)	16.2	18.1	17.46
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	52.80	45.23	49.50
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	46.93	41.12	45.02
Numero de Golpes	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>23</b>
Peso del agua (g)	5.87	4.11	4.48
Peso del Suelo Seco (g)	30.73	23.02	27.56
Contenido de Humedad (%)	<b>19.10</b>	<b>17.85</b>	<b>16.26</b>

Fuente: Elaboración propia

En la figura 16 se observa la proyección estimada a través de una proyección de la línea, ya que este agregado no llega a los 25 golpes, obteniendo de esta manera un valor de 15.9 % de limite líquido.

De esta misma forma podemos decir que el agregado 90% de Grava – 10% de material ligante no presenta índice de plasticidad.

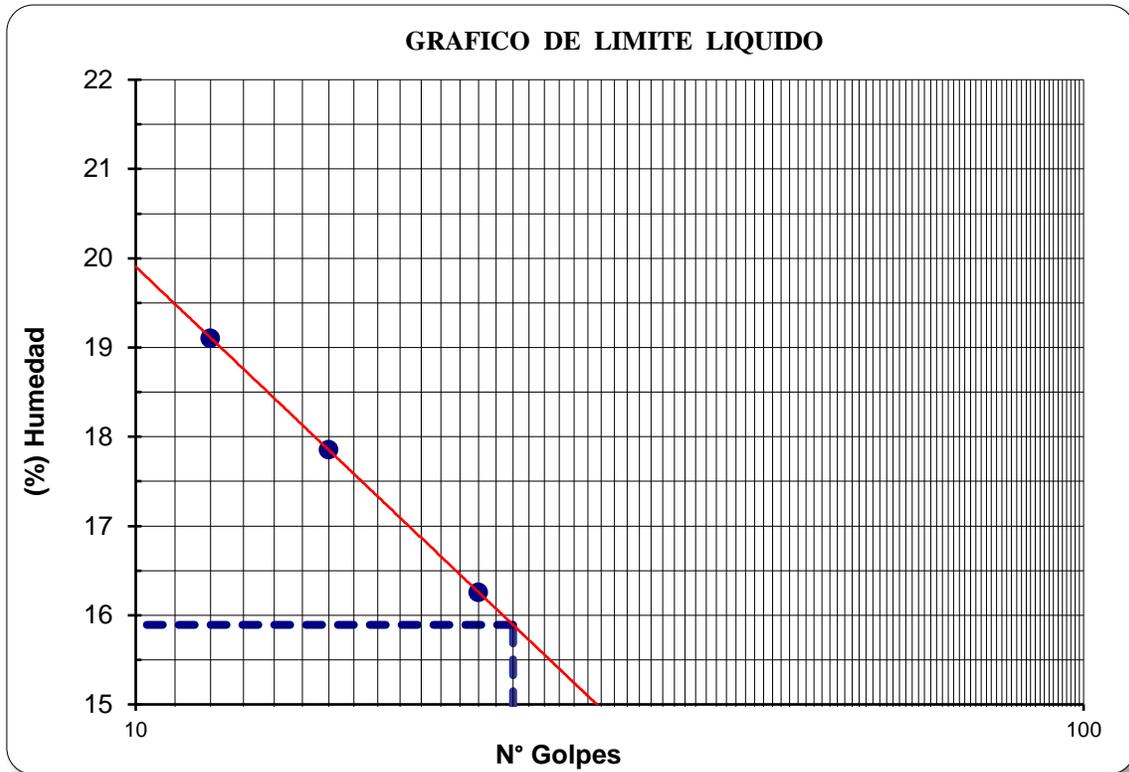


Figura 16: Limite liquido agregado 90% - 10%

LIMITE LIQUIDO : 15.9      LIMITE PLÁSTICO : NP      IND. PLASTICIDAD : NP

### Compactación de suelos usando energía modificada

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos que son compactados en un molde de 4 o de 6 pulgadas de diámetro mediante un pisón que ejerce 44.5 N de fuerza, dejándolo caer de una altura de 18 pulgadas, produciendo de esta manera una energía de compactación de 56000 lb-pie/pie<sup>3</sup>. Se proporcionan 3 métodos alternativos definidos por el análisis granulométrico, por lo que en este caso será aplicado el método C, al retener por el Tamiz 3/8" > 20% y al

retener en el tamiz  $\frac{3}{4}$ " < 30 %, trabajando de esta forma con material pasante de Tamiz  $\frac{3}{4}$ ", a 5 capas con 56 golpes en cada una.

En la tabla 15 se observa los datos obtenidos a través de la preparación de muestras para este ensayo se realiza por el método de cuarteo de esta forma tomar una muestra representativa, para cada una de las 4 pruebas con distintos porcentajes de contenidos de humedad (4%, 6%, 8% y 10%).

Tabla 15: Ensayo de Proctor por método C – mezcla 90% - 10%

<b>Método de compactación</b>					<b>C</b>
<b>Numero de golpes</b>					<b>56</b>
<b>Numero de capas</b>					<b>5</b>
<b>CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1. Peso suelo húmedo. + molde	g	11072	11374	11471	11469
2. Peso del molde	g	6486	6488	6489	6487
3. Volumen del molde	cc	2037	2037	2037	2037
4. Peso suelo húmedo	g	4586	4886	4982	4982
<b>5. Densidad suelo humedo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2.251</b>	<b>2.399</b>	<b>2.446</b>	<b>2.446</b>
<b>CALCULO DE HUMEDAD</b>					
6. Capsula N°		T-02	T-01	T-P 15	TP-05
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	456.0	448.0	426.0	450.0
8. Peso del suelo seco+capsula	g	445.0	424.0	394.0	410.0
9. Peso del agua	g	11.0	24.0	32.0	40.0
10. Peso de la capsula	g	50.0	50.0	50.0	51.0
11. Peso del suelo seco	g	395.0	374.0	344.0	359.0
12. Contenido de humedad	%	2.78	6.42	9.30	11.14
<b>13. Promedio de cont. de humedad</b>	<b>%</b>	<b>2.8</b>	<b>6.4</b>	<b>9.3</b>	<b>11.1</b>
<b>CALCULO DE DENSIDAD SECA</b>					
<b>14. Densidad seca del suelo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2.190</b>	<b>2.254</b>	<b>2.238</b>	<b>2.201</b>

En la figura 17 observamos la curva de densidad seca donde están graficados los 4 puntos trabajados a diferentes porcentajes de contenido de humedad, esta forma obtenemos una humedad óptima de la muestra y una densidad máxima.

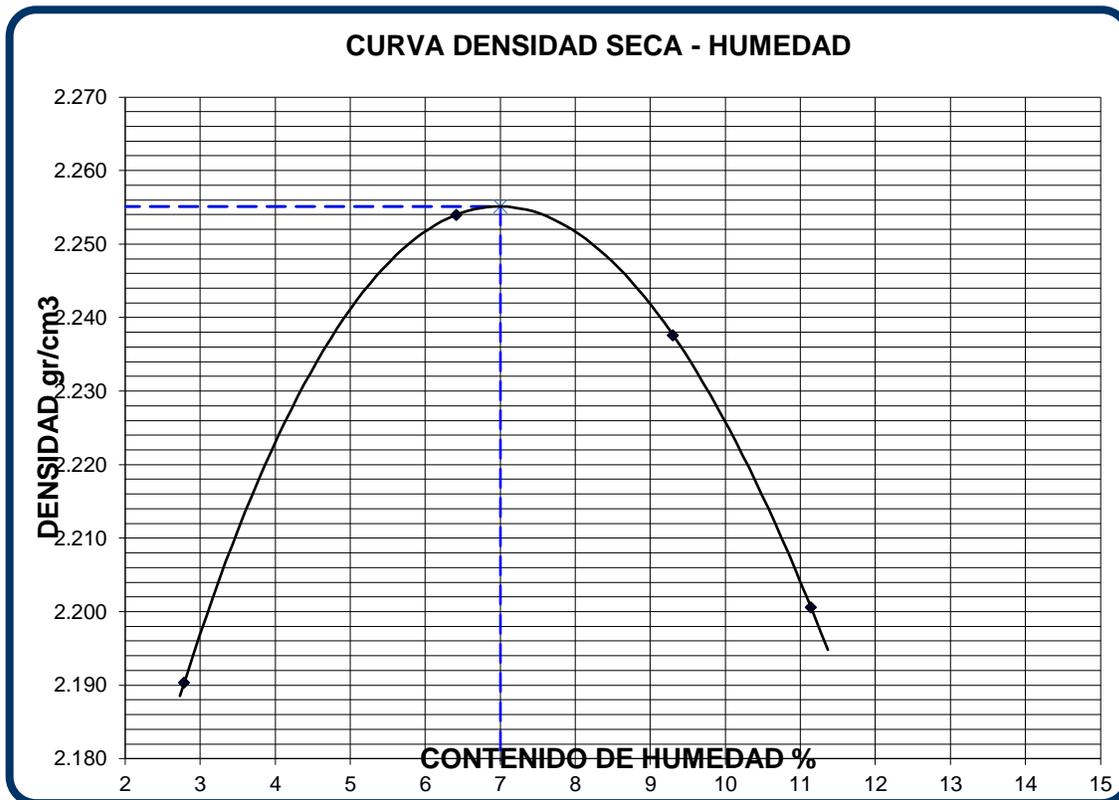


Figura 17: Grafica de curva de densidad seca, agregado 90% - 10%

RESULTADOS	
Humedad optima (%)	7,0
Densidad Maxima (g/cm <sup>3</sup> )	2,263

### Relación de soporte de california(CBR)

En este ensayo se pretende determinar la relación de soporte de California de un suelo de la grava 90% – 10% sometiéndola a esfuerzos cortantes, además de evaluar su calidad relativa para su uso en pavimento a nivel de afirmado.

Una vez determinada la humedad óptima mediante el ensayo de Proctor (7.0%) y la densidad máxima (2.263 g/cm<sup>3</sup>). Se procede a compactar la muestra en su interior, aplicando los golpes normados por cada molde preparado. Teniendo de esta manera tres muestras a 10, 25 y 56 golpes.

En la tabla 16 se observa los datos de CBR, analizados en tres muestras trabajadas a 56 golpes, 25 golpes y 10 golpes. Tenemos también que la muestra de 100% de grava no presenta expansión y se presentan los datos de penetración que se analizarán en comparación a las demás combinaciones de mezcla.

Tabla 16: Datos CBR, agregado 90% – 10%

Molde N°	56		25		10	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (g)	9653		9594		9513	
Peso de molde (g)	4252		4598		4682	
Peso del suelo húmedo (g)	5401		4996		4831	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2127		2113		2119	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.539		2.364		2.280	
Humedad (%)	10.06		11.48		10.23	
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.307</b>		<b>2.121</b>		<b>2.068</b>	
Tarro N°	25		25		15	
Tarro + Suelo húmedo (g)	598.00		469.00		481.00	
Tarro + Suelo seco (g)	548.00		426.00		441.00	
Peso del Agua (g)	50.00		43.00		40.00	
Peso del tarro (g)	51.00		51.50		50.00	
Peso del suelo seco (g)	497.00		374.50		391.00	
<b>Humedad (%)</b>	<b>10.06</b>		<b>11.48</b>		<b>10.23</b>	

EXPANSIÓN												
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		
				mm	%		mm	%		mm	%	
				<b>NO EXPANSIVO</b>								

PENETRACIÓN													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/c m2	%	Dial (div)	kg/c m2	kg/c m2	%	Dial (div)	kg/c m2	kg/c m2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		0.64	21			0.64	22			0.64	18		
0.050		1.27	64			1.27	77			1.27	42		
0.075		1.91	132			1.91	164			1.91	81		
0.100	70.3	2.54	264	470. 00	34.6	2.54	187	400. 00	29.5	2.54	115	360. 00	26.5
0.125		3.18	305			3.18	315			3.18	316		
0.150		3.81	652			3.81	546			3.81	494		
0.200	105.0	5.08	856	930. 00	45.9	5.08	816	800. 00	39.5	5.08	806	710. 00	35.0
0.300		7.62	1768			7.62	1634			7.62	1654		
0.400		10.16	1997			10.16	1893			10.16	1867		
0.500		12.70	2415			12.70	2148			12.70	2132		

En la figura 18 se observa la gráfica de penetración, presentando el CBR en porcentaje y la densidad seca (gr/cc) obtenido de la muestra de 90% de grava y 10% ligante, obteniendo una resistencia ligeramente mayor a la de 95% - 5%.

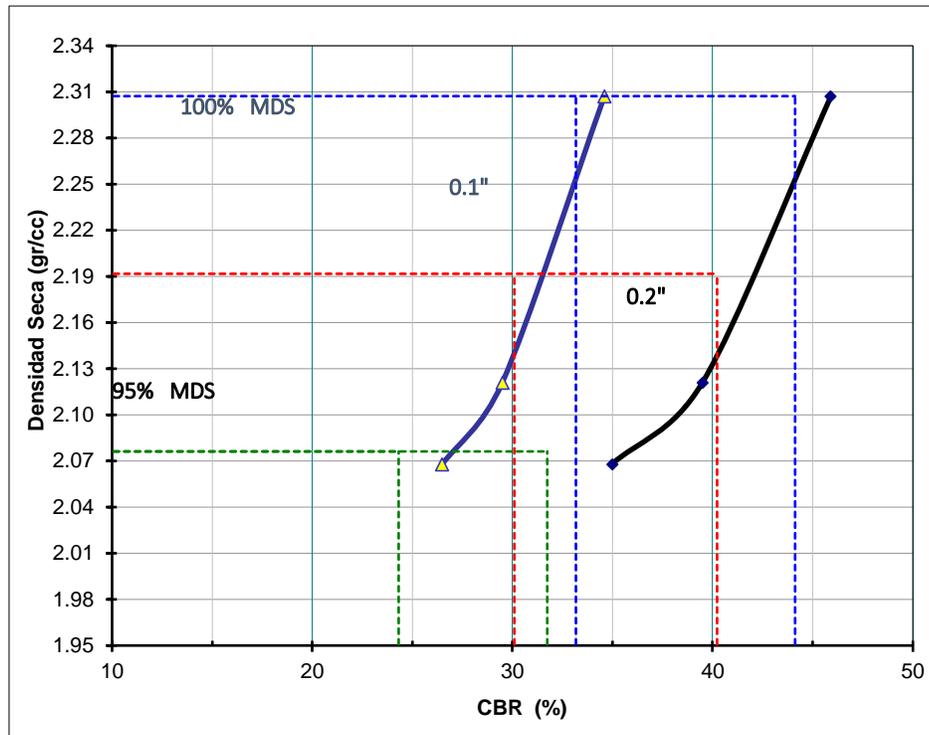


Figura 18: Gráfico de penetración del CBR

En las figura 19, 20 y 21 se tiene la resistencia a la penetracion en pulgadas por carga en kg/cm<sup>2</sup>, en cada muestra trabajada a 10, 25 y 56 golpes. El valor de relacion de soporte (CBR) se presenta al 100% y al 95% de su maxima densidad seca, teniendo valores de penetracion a 1" y a 2".

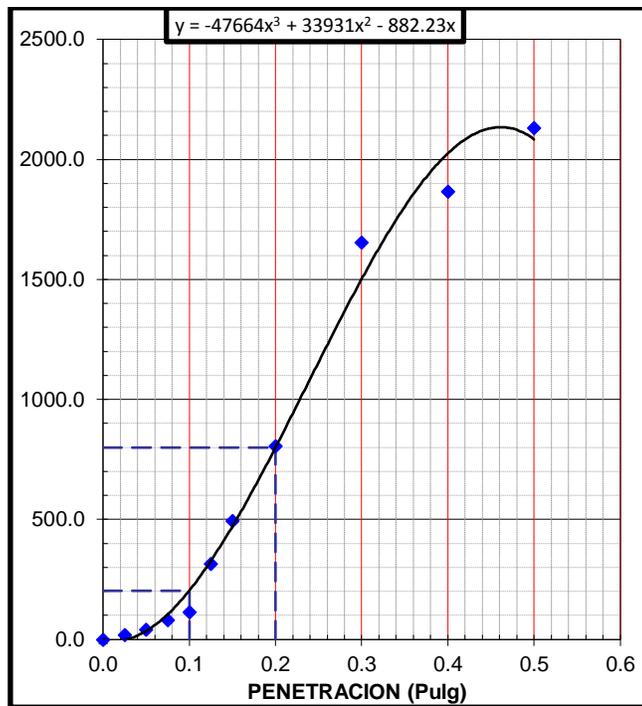


Figura 19: EC = 10 golpes (90% - 10%)

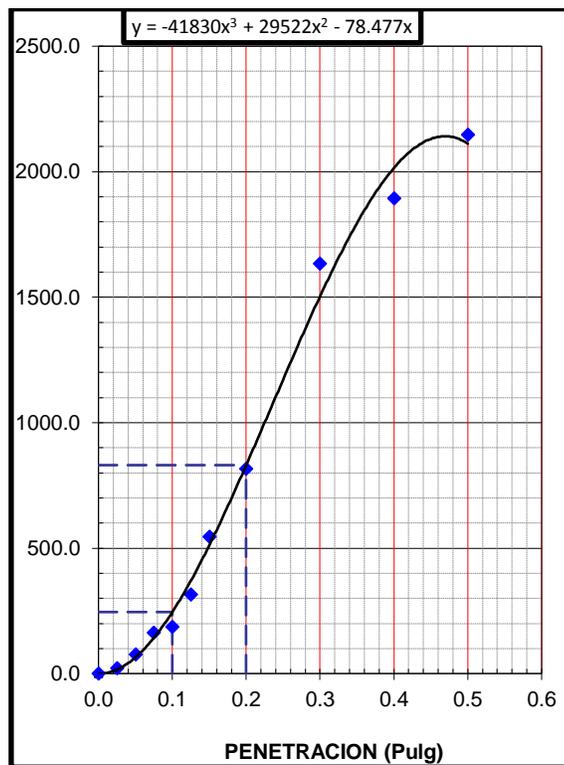


Figura 20: EC = 25 golpes (90% - 10%)

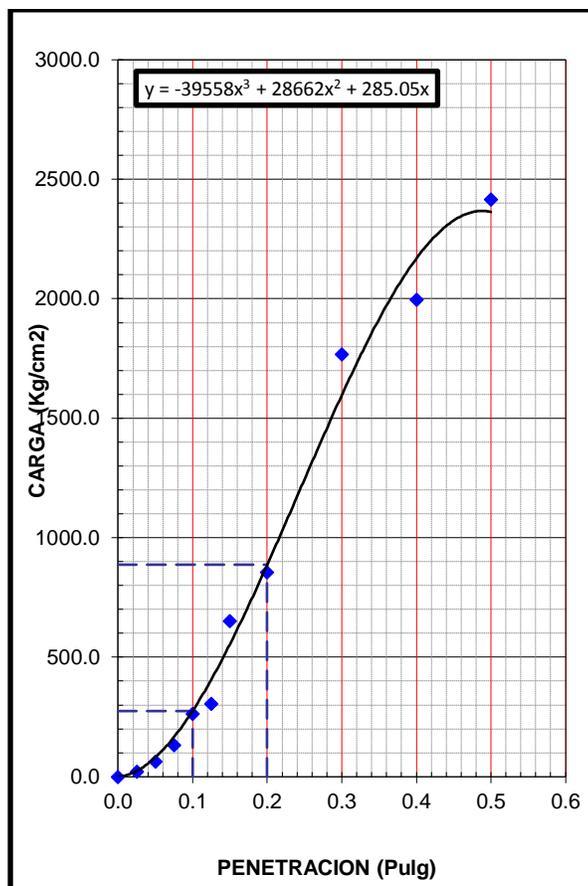


Figura 21: EC = 56 golpes (90% - 10%)

**RESULTADOS:**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	<b>33.2</b>	0.2":	<b>44.1</b>
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	<b>30.1</b>	0.2":	<b>40.2</b>

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el mecanismo de la prensa, tratando de mantener una velocidad uniforme de 1.27 mm por minuto. En este al contar con una prensa manual que no cuenta con una velocidad automática, se contrala mediante el deforma miento de penetración (Dial) y un cronometro. Trabajando de esta manera con las lecturas de carga para cada penetración, a través de este procedimiento se encuentra que el CBR de 90%-10% presenta un ligero ascenso en comparación a la muestra de 95%-5%.

#### 4.1.4. ANÁLISIS DE COMBINACIÓN 85% GRAVA – 15% LIGANTE

La proporción usada para trabajar las combinaciones entre grava y material ligante se hizo por porcentajes dando 85% de grava y 15% de material ligante.

#### Granulometría

En la tabla 17 se observan los resultados en la determinación de los porcentajes de mezcla que pasan por los diferentes tamices en una muestra de 3000 gramos.

Tabla 17: Análisis granulométrico por tamizado, mezcla 85% - 15%

Tamiz ASTM	Abertura ( mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	522.0	17.4	17.4	82.6
3/4"	19.050	281.0	9.4	26.8	73.2
1/2"	12.700	351.0	11.7	38.5	61.5
3/8"	9.525	305.0	10.2	48.6	51.4
1/4"	6.350				
No. 4	4.760	528.0	17.6	66.2	33.8
No. 8	2.360	376.0	12.5	78.8	21.2
No. 10	2.000	214.0	7.1	85.9	14.1
No. 16	1.190	137.0	4.6	90.5	9.5
No 20	0.834				
No 30	0.600	154.0	5.1	95.6	4.4
No. 40	0.420	71.0	2.4	98.0	2.0
No. 50	0.300	16.0	0.5	98.5	1.5
No. 60	0.250				
No. 80	0.177				
No. 100	0.149	23.0	0.8	99.3	0.7
No. 200	0.075	17.0	0.6	99.8	0.2
< No. 200		5.0	0.2	100.0	

En la figura 22 se observa la curva granulométrica resultado de los porcentajes retenidos en cada uno de los tamices empleados en el ensayo, con un mayor porcentaje de agregado grueso en la muestra.

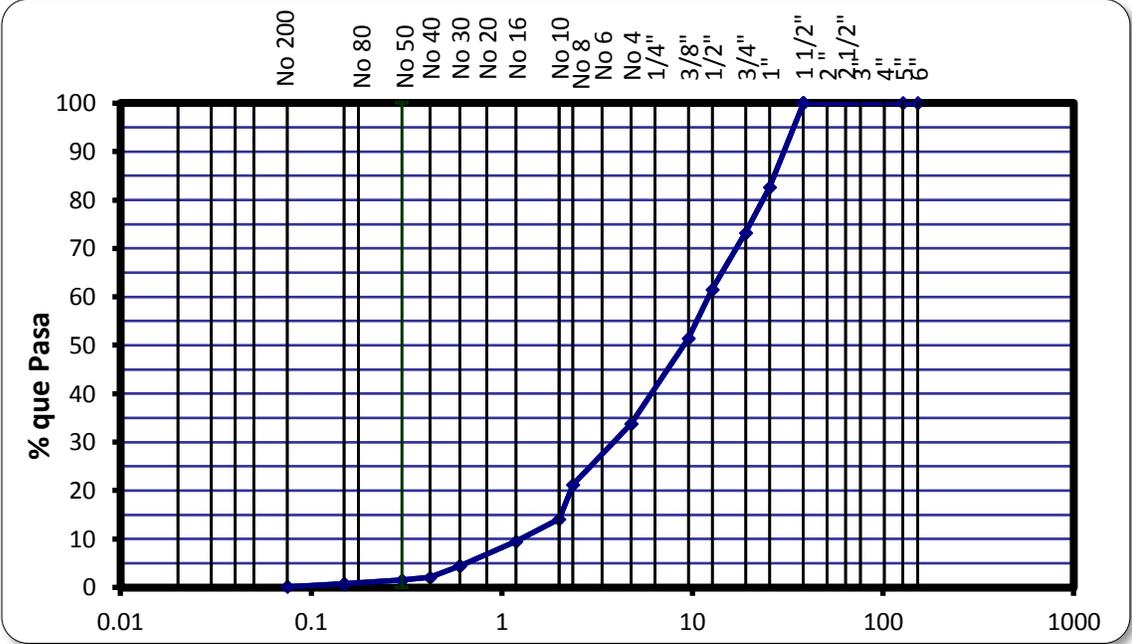


Figura 22: Curva granulométrica del agregado 85% -15%

**Límites de consistencia**

En la tabla 18 se tiene las gráficas de límites de consistencia, donde se obtiene que al igual que la combinación 100% de grava y 0 % de material ligante, no presenta un límite plástico, y de la misma forma se tiene que en el ensayo de limite liquido no llega a los 25 golpes, por lo que se proyecta una línea para obtener un límite liquido aproximado, por lo analizado, la mezcla en estudio no presenta índice de plasticidad, de lo experimentado se puede decir que es apreciablemente la mezcla va llegando

poco a poco a poder obtener un límite plástico, aunque en la mezcla analizada aun no presenta un índice de plasticidad.

Tabla 18: Limite líquido y plástico del agregado 85% - 15%

	<b>LIMITE PLASTICO (MTC E 111)</b>		<b>HUM. NAT. (MTC E 108)</b>
Capsula Nro	<b>T</b>	<b>Z</b>	<b>MT</b>
Peso de la Capsula (g)			16
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)			<b>32.3</b>
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)			<b>31</b>
Peso del Agua (g)			2
Peso del Suelo Seco (g)			15
Contenido de Humedad (%)			10.88
<b>PROMEDIO</b>	<b>NP</b>		<b>10.88</b>
	<b>LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)</b>		
Capsula Nro	<b>TP</b>	<b>Z</b>	<b>R</b>
Peso de la Capsula (g)	16	17.3	17.35
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	56.80	46.69	49.60
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	49.93	42.12	45.15
Numero de Golpes	<b>11</b>	<b>18</b>	<b>26</b>
Peso del agua (g)	6.87	4.57	4.45
Peso del Suelo Seco (g)	33.93	24.82	27.80
Contenido de Humedad (%)	<b>20.25</b>	<b>18.41</b>	<b>16.01</b>

En la figura 23 se observa la proyección estimada a través de una proyección de la línea, ya que este agregado no llega a los 25 golpes, obteniendo de esta manera un valor de 16.4 % de limite líquido.

De esta misma forma podemos decir que el agregado 85% de Grava – 15% de material ligante no presenta índice de plasticidad.

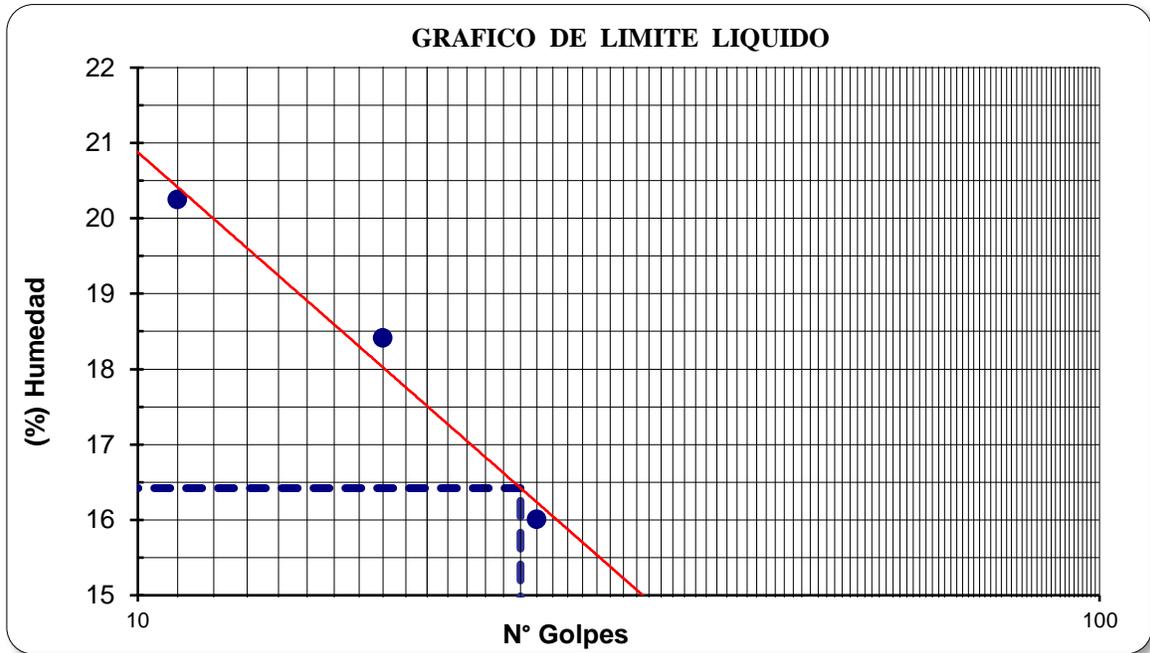


Figura 23: Límite líquido agregado 85% - 15%

LÍMITE LIQUIDO : 16.4      LÍMITE PLÁSTICO : NP      IND. PLASTICIDAD: NP

### Compactación de suelos usando energía modificada

Este ensayo para la mezcla de 85% de grava y 15% de material ligante abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos que son compactados en un molde de 4 o de 6 pulgadas de diámetro mediante un pisón que ejerce 44.5 N de fuerza, dejándolo caer de una altura de 18 pulgadas, produciendo de esta manera una energía de compactación de 56000 lb-pie/pie<sup>3</sup>.

Se proporcionan 3 métodos alternativos definidos por el análisis granulométrico, por lo que en este caso será aplicado el método C, al retener por el Tamiz 3/8” > 20% y al retener en el tamiz 3/4” < 30 %, trabajando de esta forma con material pasante de Tamiz 3/4”, a 5 capas con 56 golpes en cada una. La preparación de muestras para este ensayo se realiza por el método de cuarteo de esta forma tomar una muestra representativa.

En la tabla 19 se observa los datos obtenidos a través del ensayo de Proctor por el método C, determinado por la granulometría de la muestra de 85% – 15%.

Tabla 19: Ensayo de Proctor por método C – mezcla 85% - 15%

<b>Método de compactación</b>					<b>C</b>
<b>Numero de golpes</b>					<b>56</b>
<b>Numero de capas</b>					<b>5</b>
<b>CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA</b>					<b>4</b>
1. Peso suelo húmedo. + molde	g	11089	11386	11489	11478
2. Peso del molde	g	6486	6488	6489	6487
3. Volumen del molde	cc	2037	2037	2037	2037
4. Peso suelo húmedo	g	4603	4898	5000	4991
<b>5. Densidad suelo húmedo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2.260</b>	<b>2.405</b>	<b>2.455</b>	<b>2.450</b>
<b>CALCULO DE HUMEDAD</b>					
6. Capsula N°		T-01	T-02	T-P 04	TP-03
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	355.0	444.0	322.0	350.0
8. Peso del suelo seco + capsula	g	344.0	420.0	295.0	312.0
9. Peso del agua	g	11.0	24.0	27.0	38.0
10. Peso de la capsula	g	50.0	50.0	50.0	51.0
11. Peso del suelo seco	g	294.0	370.0	245.0	261.0
12. Contenido de humedad	%	3.74	6.49	11.02	14.56
<b>13. Promedio de cont. de humedad</b>	<b>%</b>	<b>3.7</b>	<b>6.5</b>	<b>11.0</b>	<b>14.6</b>
<b>CALCULO DE DENSIDAD SECA</b>					
<b>14. Densidad seca del suelo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2.178</b>	<b>2.258</b>	<b>2.211</b>	<b>2.139</b>

En la figura 24 observamos la curva de densidad seca donde están graficados los 4 puntos trabajados a diferentes porcentajes de contenido de humedad, esta forma obtenemos una humedad óptima de la muestra y una densidad máxima.

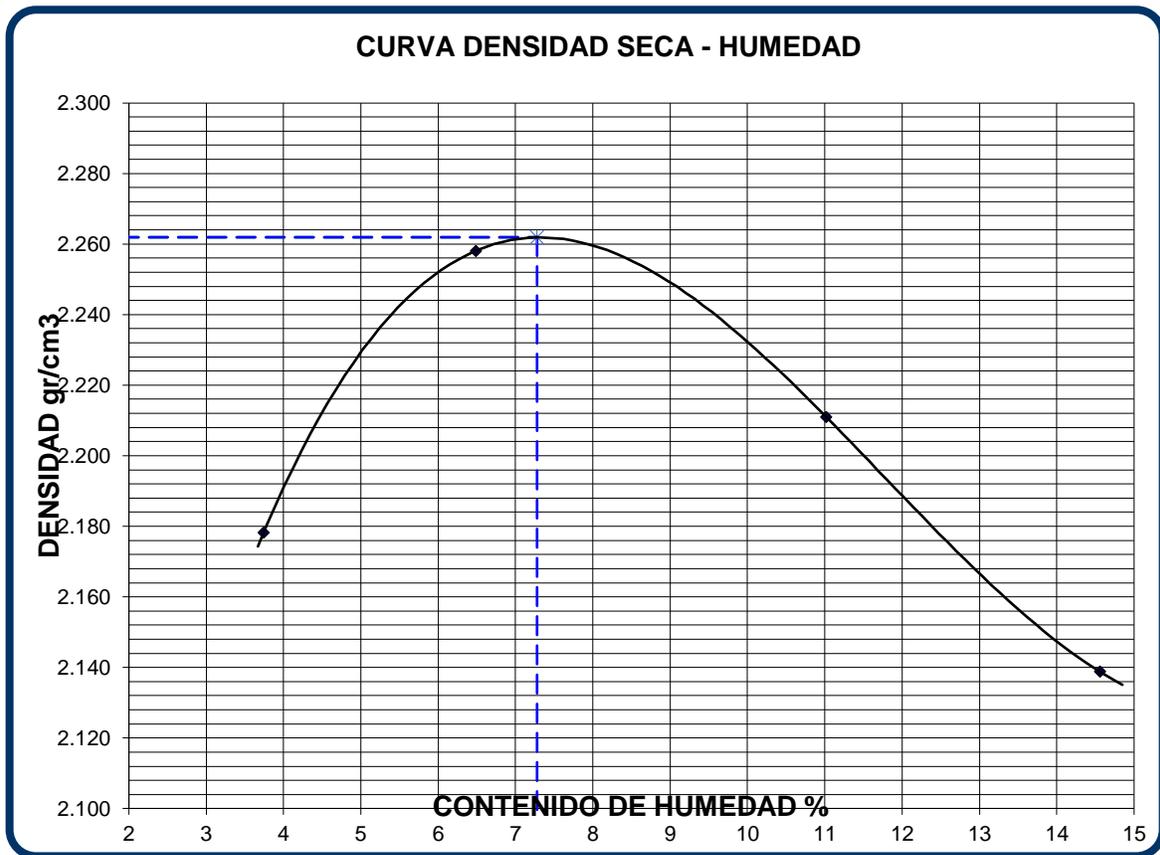


Figura 24: Grafica de curva de densidad seca, agregado 85% - 15%

RESULTADOS	
Humedad optima (%)	7,3
Densidad Maxima (g/cm³)	2,262

### Relación de soporte de california(CBR)

En este ensayo se pretende determinar la relación de soporte de California de un suelo de la grava 85% – 15% sometiéndola a esfuerzos cortantes, además de evaluar su calidad relativa para su uso en pavimento a nivel de afirmado.

Una vez determinada la humedad óptima mediante el ensayo de Proctor (7.3%) y la densidad máxima (2.262 g/cm<sup>3</sup>). Se procede a compactar la muestra en su interior, aplicando los golpes normados por cada molde preparado. Teniendo de esta manera tres muestras a 10, 25 y 56 golpes.

En la tabla 20 se observa los datos de CBR, analizados en tres muestras trabajadas a 56 golpes, 25 golpes y 10 golpes. Tenemos también que la muestra de 100% de grava no presento expansión y se presentan los datos de penetración que se analizaran en comparación a las demás combinaciones de mezcla.

Tabla 20: Datos CBR, agregado 85% – 15%

Molde N°	56		25		10	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (g)	9898		9674		9413	
Peso de molde (g)	4514		4514		4514	
Peso del suelo húmedo (g)	5384		5160		4899	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2127		2127		2127	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.531		2.426		2.303	
Humedad (%)	12.31		10.20		8.08	
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.254</b>		<b>2.201</b>		<b>2.131</b>	
Tarro N°	25		25		15	
Tarro + Suelo húmedo (g)	498.00		354.00		371.00	
Tarro + Suelo seco (g)	449.00		326.00		347.00	
Peso del Agua (g)	49.00		28.00		24.00	
Peso del tarro (g)	51.00		51.50		50.00	
Peso del suelo seco (g)	398.00		274.50		297.00	
<b>Humedad (%)</b>	<b>12.31</b>		<b>10.20</b>		<b>8.08</b>	

EXPANSION												
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		
				mm	%		mm	%		mm	%	
				<b>NO EXPANSIVO</b>								

PENETRACION													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/c m <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/c m <sup>2</sup>	kg/c m <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/c m <sup>2</sup>	kg/c m <sup>2</sup>	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		0.64	19			0.64	25			0.64	20		
0.050		1.27	56			1.27	68			1.27	52		
0.075		1.91	138			1.91	145			1.91	89		
0.100	70.3	2.54	275	470	34.6	2.54	194	400	29.5	2.54	135	360.0 0	26.5
0.125		3.18	324			3.18	354			3.18	334		
0.150		3.81	712			3.81	684			3.81	5035		
0.200	105.0	5.08	900	930	45.9	5.08	895	800	39.5	5.08	851	710.0 0	35.0
0.300		7.62	1845			7.62	1785			7.62	1698		
0.400		10.16	2014			10.16	2357			10.16	2087		
0.500		12.70	2641			12.70	2545			12.70	2458		

En la figura 25 se observa la gráfica de penetración, presentando el CBR en porcentaje y la densidad seca (gr/cc) obtenido de la muestra de 85% de grava y 15% ligante, obteniendo una resistencia ligeramente mayor a la de 90% - 10%.

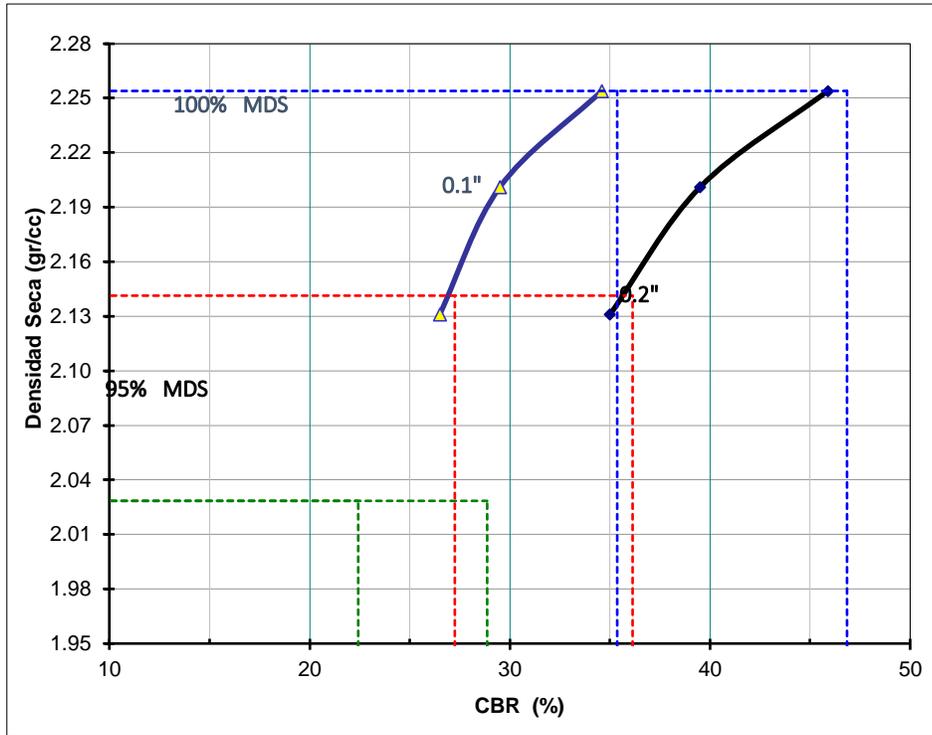


Figura 25: Gráfico de penetración del CBR

En las figura 26, 27 y 28 se tiene la resistencia a la penetracion en pulgadas por carga en kg/cm<sup>2</sup>, en cada muestra trabajada a 10, 25 y 56 golpes. El valor de relacion de soporte (CBR) se presenta al 100% y al 95% de su maxima densidad seca, teniendo valores de penetracion a 1" y a 2".

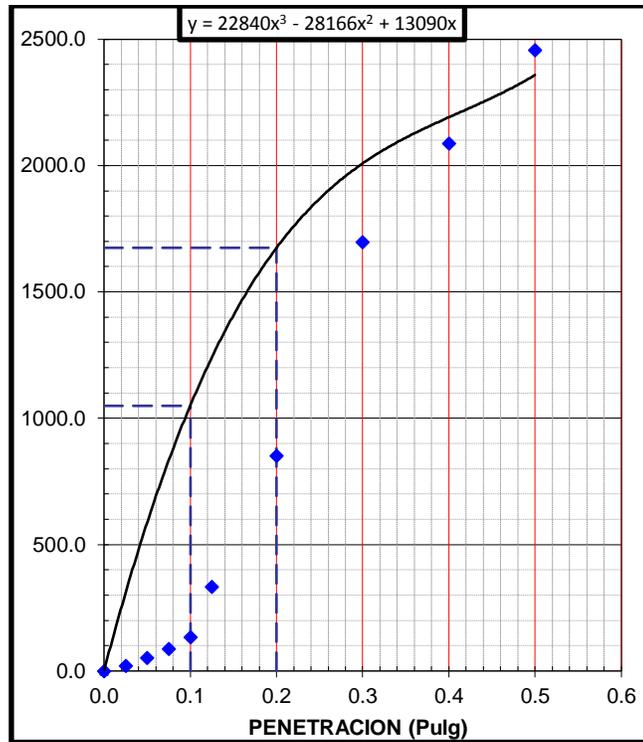


Figura 26: EC = 10 golpes (85% - 15%)

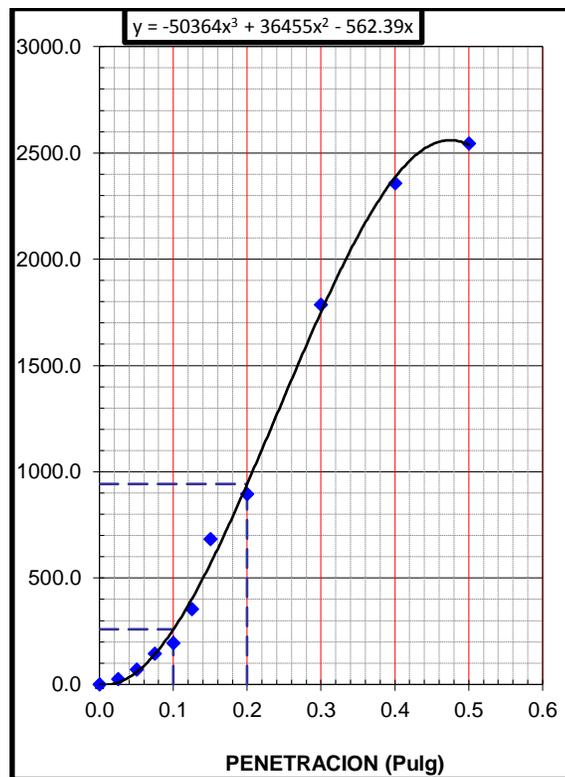


Figura 27: EC = 25 golpes (85% - 15%)

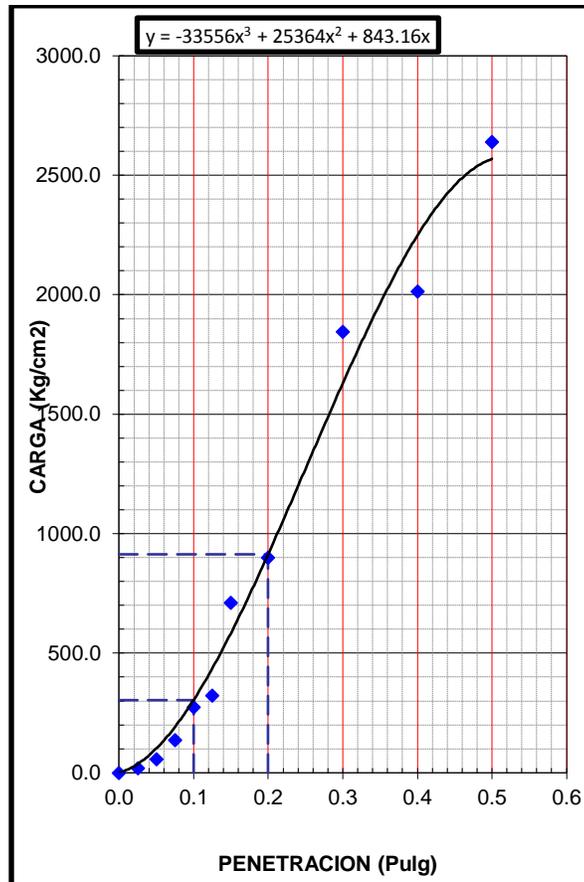


Figura 28: EC = 56 golpes (85% - 15%)

**RESULTADOS:**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	35.4	0.2":	46.8
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	27.3	0.2":	36.1

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el mecanismo de la prensa, tratando de mantener una velocidad uniforme de 1.27.mm por minuto. En este al contar con una prensa manual que no cuenta con una velocidad automática, se contrala mediante el deforma miento de penetración (Dial) y un cronometro. Trabajando de esta manera con las lecturas de carga para cada penetración, a través de este procedimiento se encuentra que el CBR de 85%-15% presenta un ligero ascenso en comparación a la muestra de 90%-10%.

#### 4.1.5. ANÁLISIS DE COMBINACIÓN 80% GRAVA – 20% LIGANTE

La proporción usada para trabajar las combinaciones entre grava y material ligante se hizo por porcentajes dando 80% de grava y 20% de material ligante.

##### Granulometría

En la tabla 21 se observan los resultados en la determinación de los porcentajes de mezcla que pasan por los diferentes tamices en una muestra de 3000 gramos.

Tabla 21: Análisis granulométrico por tamizado, mezcla 80% - 20%

Tamiz ASTM	Abertura ( mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	393.0	13.1	13.1	86.9
3/4"	19.050	262.0	8.7	21.8	78.2
1/2"	12.700	301.0	10.0	31.9	68.1
3/8"	9.525	343.0	11.4	43.3	56.7
1/4"	6.350				
No. 4	4.760	536.0	17.9	61.2	38.8
No. 8	2.360	405.0	13.5	74.7	25.3
No. 10	2.000	193.0	6.4	81.1	18.9
No. 16	1.190	122.0	4.1	85.2	14.8
No 20	0.834				
No 30	0.600	166.0	5.5	90.7	9.3
No. 40	0.420	100.0	3.3	94.0	6.0
No. 50	0.300	78.0	2.6	96.6	3.4
No. 60	0.250				
No. 80	0.177				
No. 100	0.149	68.0	2.3	98.9	1.1
No. 200	0.075	24.0	0.8	99.7	0.3
< No. 200		9.0	0.3	100.0	

En la figura 29 se observa la curva granulométrica resultado de los porcentajes retenidos en cada uno de los tamices empleados en el ensayo, con un mayor porcentaje de agregado grueso en la muestra.

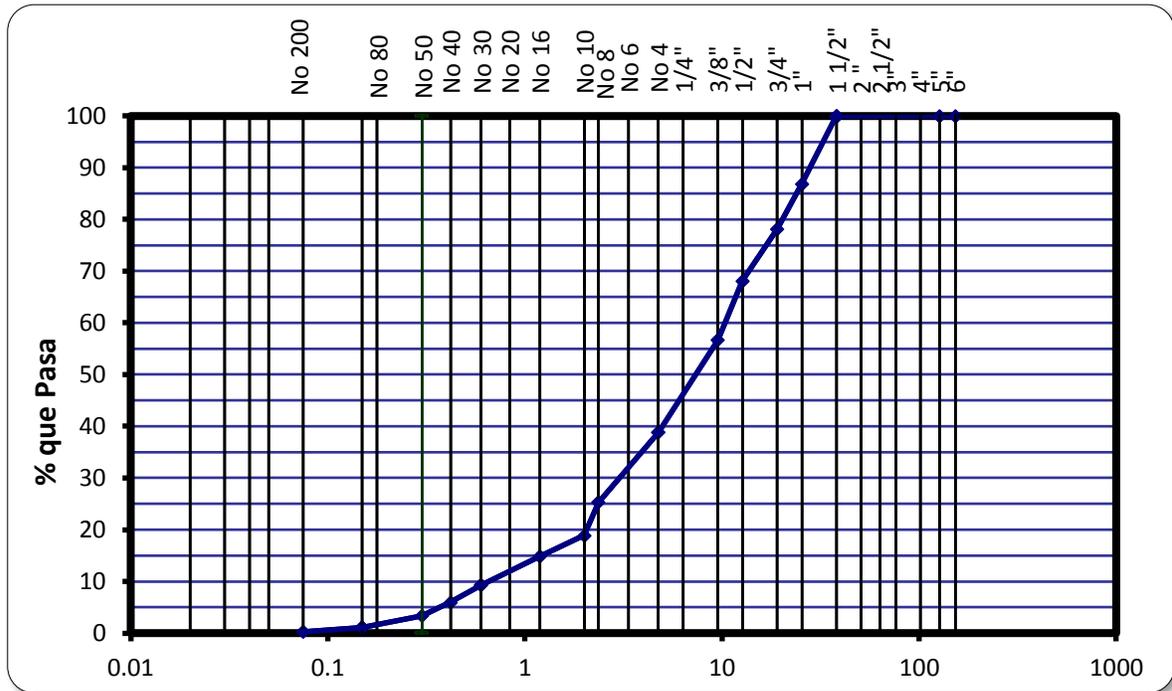


Figura 29: Curva granulométrica del agregado 80% -20%

### Límites de consistencia

En la tabla 22 se tiene las gráficas de límites de consistencia, donde se obtiene que la combinación de 80% de Grava y 20% de material ligante ya presenta un límite plástico y un límite líquido, que progresivamente fue subiendo al añadir más material fino a la mezcla a analizar. De lo experimentado también podemos decir que ya es notoria una consistencia un poco más trabajable.

Es importante resaltar que los porcentajes de finos van en un aumento gradual en relación a la combinación trabajada.

Tabla 22: Limite líquido y plástico del agregado 80% - 20%

	<b>LIMITE PLASTICO (MTC E 111)</b>		<b>HUM. NAT. (MTC E 108)</b>
Capsula Nro	<b>10</b>	<b>35</b>	<b>14</b>
Peso de la Capsula (g)	4.67	4.43	284.2
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	<b>9.17</b>	<b>9.11</b>	<b>2138</b>
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	<b>8.80</b>	<b>8.96</b>	<b>2078</b>
Peso del Agua (g)	0.37	0.15	60
Peso del Suelo Seco (g)	4.13	4.53	1794
Contenido de Humedad (%)	8.96	3.31	3.34
<b>PROMEDIO</b>	<b>6.14</b>		<b>3.34</b>
	<b>LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)</b>		
Capsula Nro	<b>33</b>	<b>9</b>	<b>37</b>
Peso de la Capsula (g)	37.6	49.2	37.9
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	62.20	86.10	72.90
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	59.60	82.6	69.80
Numero de Golpes	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>31</b>
Peso del agua (g)	2.6	3.50	3.10
Peso del Suelo Seco (g)	22	33.4	31.90
Contenido de Humedad (%)	<b>11.82</b>	<b>10.48</b>	<b>9.72</b>

En la figura 30 se observa una correcta aplicación de la metodología del multipunto para obtener la humedad de la muestra a 25 golpes, obteniendo de esta manera un valor de 10.3 % de limite líquido.

De esta misma forma podemos decir que el agregado 80% de Grava – 20% de material ligante presenta un índice de plasticidad de 4.1.

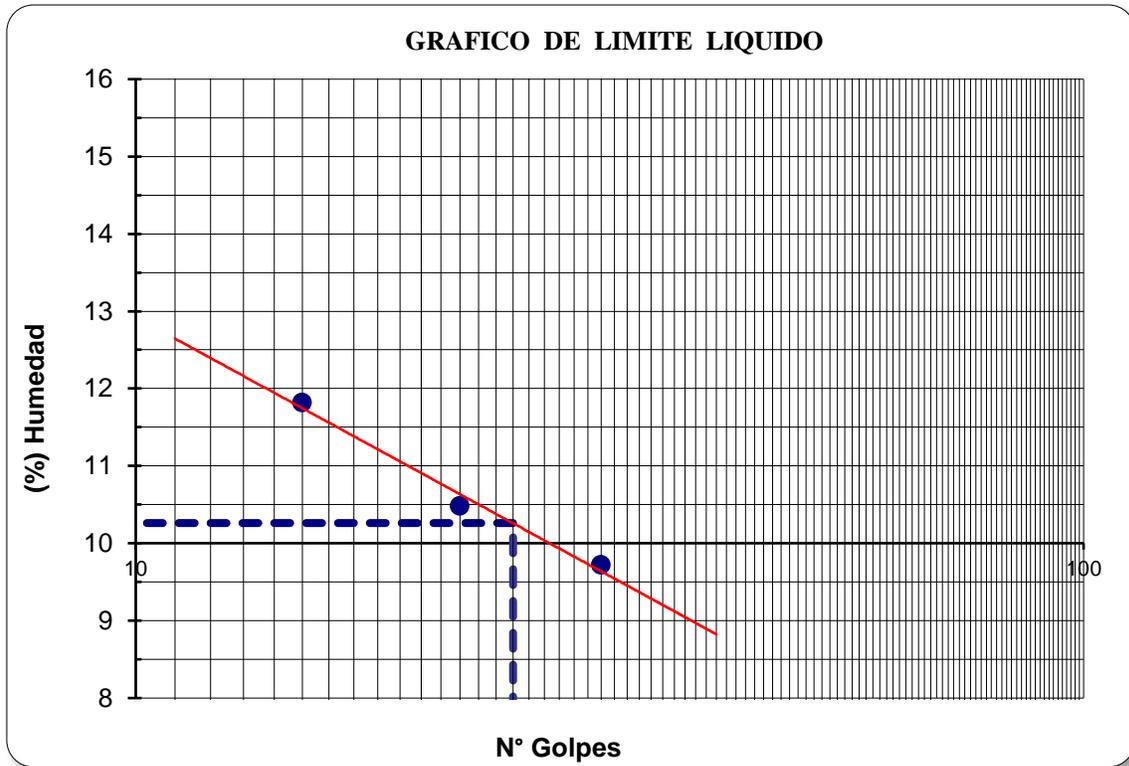


Figura 30: Limite liquido agregado 80% - 20%

**LIMITE LIQUIDO : 10.3      LIMITE PLÁSTICO : 6.1      IND. PLASTICIDAD 4.1**

### Compactación de suelos usando energía modificada

Este ensayo para la mezcla de 80% de grava y 20% de material ligante, abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos que son compactados en un molde de 4 o de 6 pulgadas de diámetro mediante un pisón que ejerce 44.5 N de fuerza, dejándolo caer de una altura de 18 pulgadas, produciendo de esta manera una energía de compactación de 56000 lb-pie/pie<sup>3</sup>. Se proporcionan 3 métodos alternativos definidos por el análisis granulométrico, por lo que en este caso será

aplicado el método C, al retener por el Tamiz 3/8” > 20% y al retener en el tamiz 3/4” < 30 %, trabajando de esta forma con material pasante de Tamiz 3/4”, a 5 capas con 56 golpes en cada una. La preparación de muestras para este ensayo se realiza por el método de cuarteo de esta forma tomar una muestra representativa.

En la tabla 23 se observa los datos obtenidos a través del ensayo de Proctor por el método C, determinado por la granulometría de la muestra.

Tabla 23: Ensayo de Proctor por método C – mezcla 80% - 20%

<b>Método de compactación</b>					<b>C</b>
<b>Numero de golpes</b>					<b>56</b>
<b>Numero de capas</b>					<b>5</b>
<b>CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1. Peso suelo húmedo. + molde	g	10937	11326	11247	11222
2. Peso del molde	g	6485	6485	6485	6485
3. Volumen del molde	cc	2037	2037	2037	2037
4. Peso suelo húmedo	g	4452	4841	4762	4737
<b>5. Densidad suelo húmedo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2.186</b>	<b>2.377</b>	<b>2.338</b>	<b>2.325</b>
<b>CALCULO DE HUMEDAD</b>					
6. Capsula N°		T-01	TARA R	T-P	TP-02
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	443.0	345.0	408.0	448.0
8. Peso del suelo seco + capsula	g	425.0	323.0	371.0	405.0
9. Peso del agua	g	18.0	22.0	37.0	43.0
10. Peso de la capsula	g	49.0	51.0	51.0	51.0
11. Peso del suelo seco	g	376.0	272.0	320.0	354.0
12. Contenido de humedad	%	4.79	8.09	11.56	12.15
<b>13. Promedio de cont. de humedad</b>	<b>%</b>	<b>4.8</b>	<b>8.1</b>	<b>11.6</b>	<b>12.1</b>
<b>CALCULO DE DENSIDAD SECA</b>					
<b>14. Densidad seca del suelo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2.086</b>	<b>2.199</b>	<b>2.095</b>	<b>2.074</b>

En la figura 31 observamos la curva de densidad seca donde están graficados los 4 puntos trabajados a diferentes porcentajes de contenido de humedad, esta forma obtenemos una humedad óptima de la muestra y una densidad máxima.

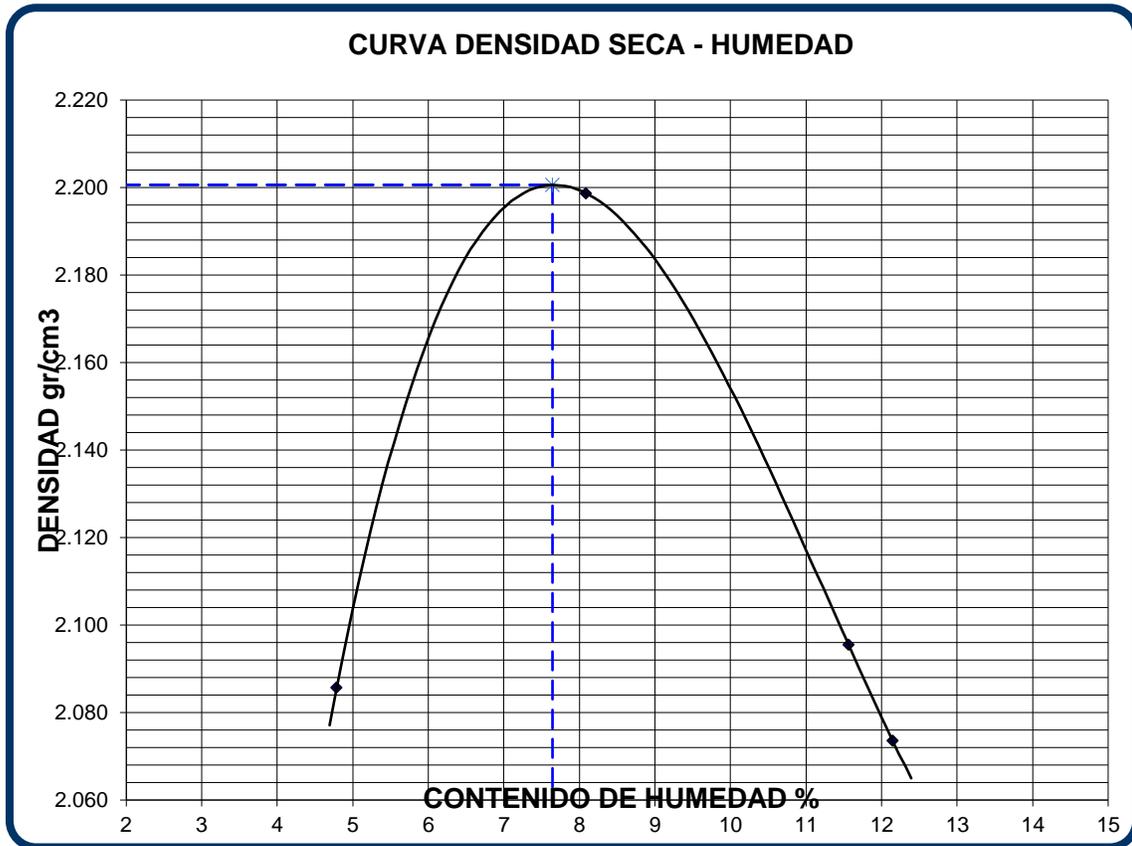


Figura 31: Grafica de curva de densidad seca, agregado 80% - 20%

RESULTADOS	
Humedad optima (%)	7,6
Densidad Maxima (g/cm <sup>3</sup> )	2,201

### Relación de soporte de california(CBR)

En este ensayo se pretende determinar la relación de soporte de California de un suelo de la grava 80% – 20% someténdola a esfuerzos cortantes, además de evaluar su calidad relativa para su uso en pavimento a nivel de afirmado.

Una vez determinada la humedad óptima mediante el ensayo de Proctor (7.6%) y la densidad máxima (2.201 g/cm<sup>3</sup>). Se procede a compactar la muestra en su interior, aplicando los golpes normados por cada molde preparado. Teniendo de esta manera tres muestras a 10, 25 y 56 golpes.

En la tabla 24 se observa los datos de CBR, analizados en tres muestras trabajadas a 56 golpes, 25 golpes y 10 golpes. Tenemos también que la muestra de 100% de grava no presento expansión y se presentan los datos de penetración que se analizaran en comparación a las demás combinaciones de mezcla.

Tabla 24: Datos CBR, agregado 80% – 20%

Molde N°	25		32		15	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (g)	9314		9123		8987	
Peso de molde (g)	4514		4514		4514	
Peso del suelo húmedo (g)	4800		4609		4473	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2127		2113		2119	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.257		2.181		2.111	
Humedad (%)	8.55		8.28		8.99	
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.079</b>		<b>2.014</b>		<b>1.937</b>	
Tarro N°	25		32		15	
Tarro + Suelo húmedo (g)	943.00		1001.60		1074.80	
Tarro + Suelo seco (g)	873.60		931.80		993.50	
Peso del Agua (g)	69.40		69.80		81.30	
Peso del tarro (g)	61.50		89.20		89.50	
Peso del suelo seco (g)	812.10		842.60		904.00	
<b>Humedad (%)</b>	<b>8.55</b>		<b>8.28</b>		<b>8.99</b>	

EXPANSIÓN												
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		
				mm	%		mm	%		mm	%	
				<b>NO EXPANSIVO</b>								

PENETRACIÓN													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 25				MOLDE N° 32				MOLDE N° 15			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/c m <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/c m <sup>2</sup>	kg/c m <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/c m <sup>2</sup>	kg/c m <sup>2</sup>	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		15	48			5	31			2	27		
0.050		51	64			24	48			7	30		
0.075		84	215			59	207			19	211		
0.100	70.3	169	361	470.00	34.6	98	365	400.00	29.5	37	307	360.00	26.5
0.125		205	408			144	410			103	399		
0.150		258	489			193	503			140	472		
0.200	105.0	328	861	930.00	45.9	246	853	800.00	39.5	183	813	710.00	35.0
0.300		415	1541			306	1534			231	1642		
0.400		495	2654			360	2536			291	2623		
0.500			3547				3387				3425		

En la figura 32 se observa la gráfica de penetración, presentando el CBR en porcentaje y la densidad seca (gr/cc) obtenido de la muestra de 80% de grava y 20% ligante, obteniendo una resistencia ligeramente mayor a la anterior.

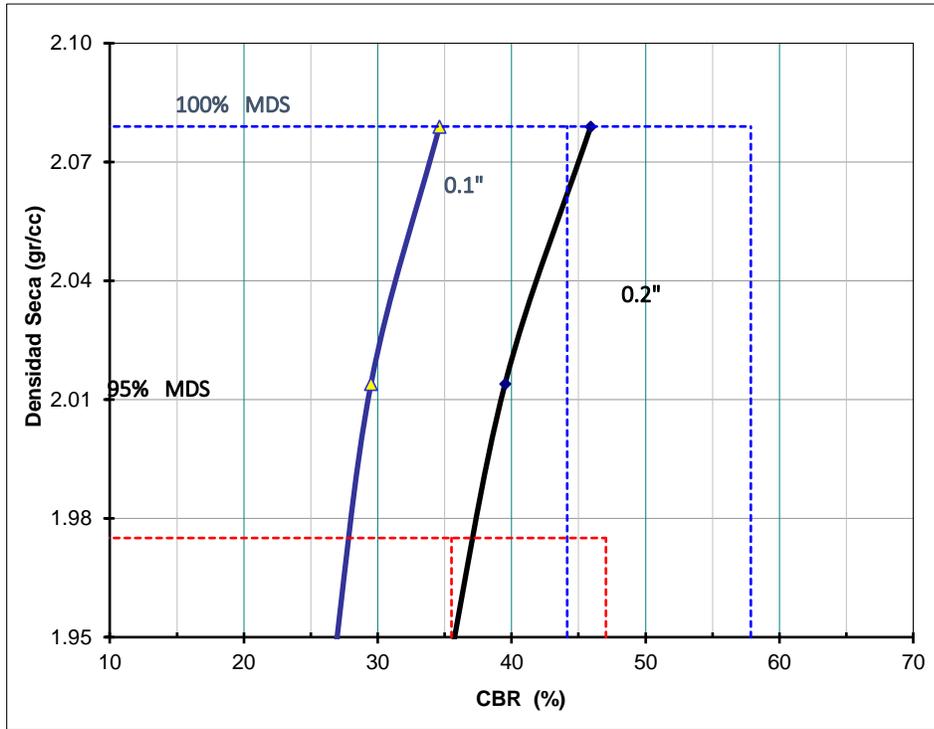


Figura 32: Gráfico de penetración del CBR

En las figura 33, 34 y 35 se tiene la resistencia a la penetración en pulgadas por carga en kg/cm<sup>2</sup>, en cada muestra trabajada a 10, 25 y 56 golpes. El valor de relación de soporte (CBR) se presenta al 100% y al 95% de su máxima densidad seca, teniendo valores de penetración a 1" y a 2".

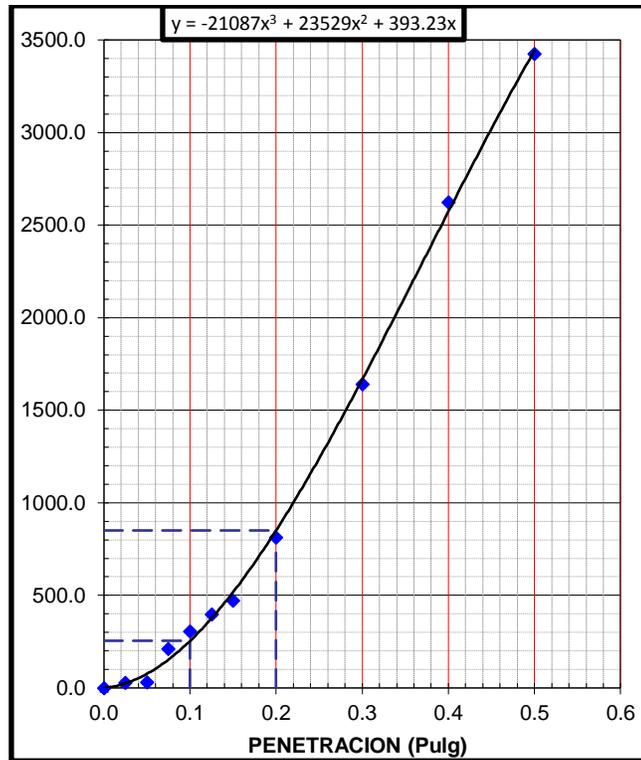


Figura 33: EC = 10 golpes (80% - 20%)

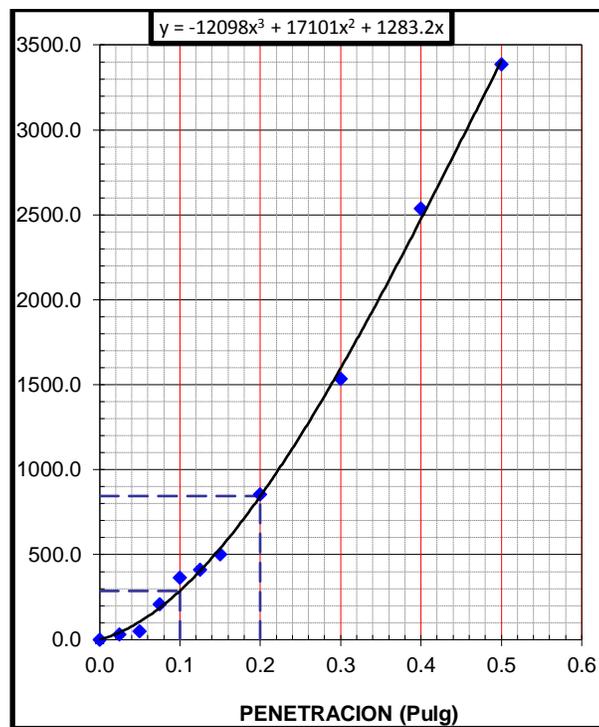


Figura 34: EC = 25 golpes (80% - 20%)

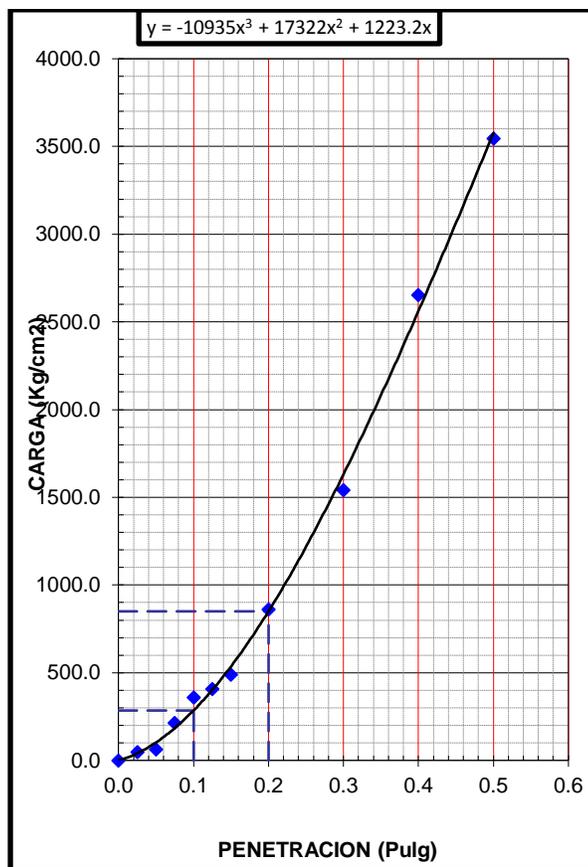


Figura 35: EC = 56 golpes (80% - 20%)

**RESULTADOS:**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	<b>44.1</b>	0.2":	<b>57.9</b>
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	<b>35.5</b>	0.2":	<b>47.0</b>

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el mecanismo de la prensa, tratando de mantener una velocidad uniforme de 1.27.mm por minuto. En este al contar con una prensa manual que no cuenta con una velocidad automática, se contrala mediante el deforma miento de penetración (Dial) y un cronometro. Trabajando de esta manera con las lecturas de carga para cada penetración, a través de este procedimiento se encuentra que el CBR de 80%-20% presenta un ligero ascenso en comparación a la muestra de 85%-15%.

#### 4.1.6. ANÁLISIS DE COMBINACIÓN 75% GRAVA – 25% LIGANTE

La proporción usada para trabajar las combinaciones entre grava y material ligante se hizo por porcentajes dando 75% de grava y 25% de material ligante.

#### Granulometría

En la tabla 25 se observan los resultados en la determinación de los porcentajes de mezcla que pasan por los diferentes tamices en una muestra de 3000 gramos.

Tabla 25: Análisis granulométrico por tamizado, mezcla 75% - 25%

Tamiz ASTM	Abertura ( mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	373.0	12.4	12.4	87.6
3/4"	19.050	252.0	8.4	20.8	79.2
1/2"	12.700	295.0	9.8	30.7	69.3
3/8"	9.525	332.0	11.1	41.7	58.3
1/4"	6.350				
No. 4	4.760	534.0	17.8	59.5	40.5
No. 8	2.360	410.0	13.7	73.2	26.8
No. 10	2.000	193.0	6.4	79.6	20.4
No. 16	1.190	150.0	5.0	84.6	15.4
No 20	0.834				
No 30	0.600	145.0	4.8	89.5	10.5
No. 40	0.420	146.0	4.9	94.3	5.7
No. 50	0.300	76.0	2.5	96.9	3.1
No. 60	0.250				
No. 80	0.177				
No. 100	0.149	66.0	2.2	99.1	0.9
No. 200	0.075	19.0	0.6	99.7	0.3
< No. 200		9.0	0.3	100.0	

En la figura 36 se observa la curva granulométrica resultado de los porcentajes retenidos en cada uno de los tamices empleados en el ensayo, con un porcentaje equilibrado entre grueso y fino en la muestra.

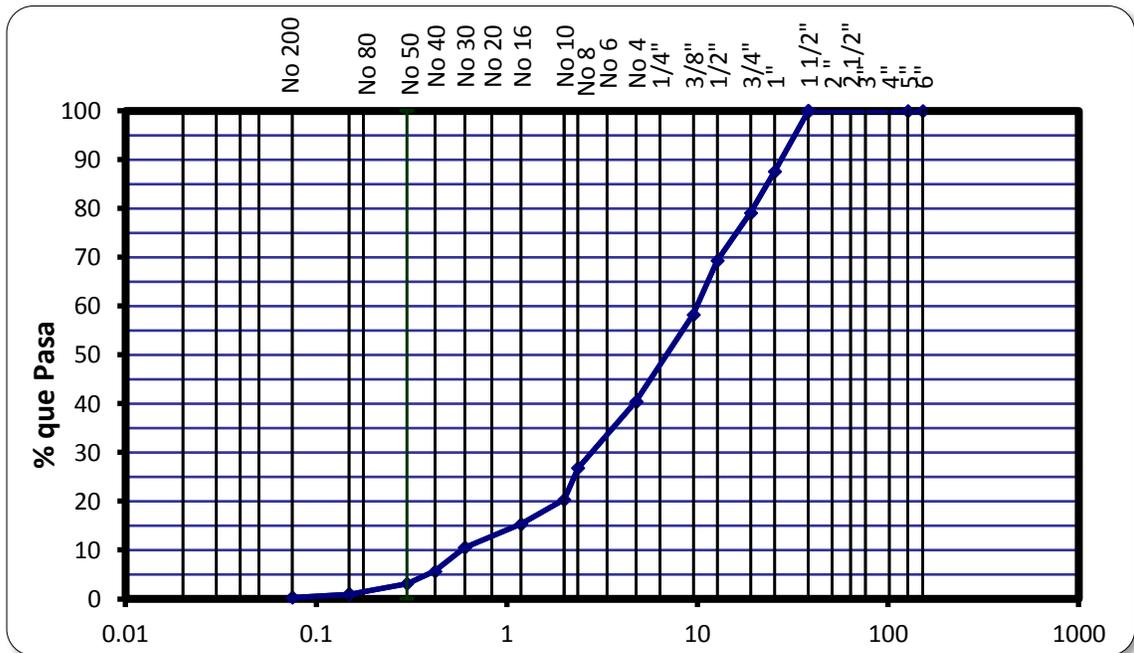


Figura 36: Curva granulométrica del agregado 75% -25%

### Límites de consistencia

En la tabla 26 se tiene las gráficas de límites de consistencia, donde se obtiene que la combinación de 75% de Grava y 25% de material ligante ya presenta un límite plástico y un límite líquido, que progresivamente fue subiendo al añadir más material fino a la mezcla a analizar. De lo experimentado también podemos decir que ya es notoria una consistencia más trabajable.

Es importante resaltar que los porcentajes de finos van en un aumento gradual en relación a la combinación trabajada.

Tabla 26: Limite líquido y plástico del agregado 75% - 25%

	<b>LIMITE PLASTICO (MTC E 111)</b>		<b>HUM. NAT. (MTC E 108)</b>
Capsula Nro	<b>10</b>	<b>35</b>	<b>14</b>
Peso de la Capsula (g)	4.66	4.50	284.2
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	<b>8.46</b>	<b>8.61</b>	<b>2138</b>
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	<b>8.32</b>	<b>8.29</b>	<b>2078</b>
Peso del Agua (g)	0.14	0.32	60
Peso del Suelo Seco (g)	3.66	3.79	1794
Contenido de Humedad (%)	3.83	8.44	3.34
<b>PROMEDIO</b>	<b>6.13</b>		<b>3.34</b>
	<b>LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)</b>		
Capsula Nro	<b>33</b>	<b>9</b>	<b>37</b>
Peso de la Capsula (g)	37.8	49.1	38.1
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	62.00	87.10	72.90
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	59.10	83.1	69.70
Numero de Golpes	<b>16</b>	<b>21</b>	<b>33</b>
Peso del agua (g)	2.9	4.00	3.20
Peso del Suelo Seco (g)	21.3	34	31.60
Contenido de Humedad (%)	<b>13.62</b>	<b>11.76</b>	<b>10.13</b>

En la figura 37 se observa la aplicación de la metodología del multipunto para obtener la humedad de la muestra a 25 golpes, obteniendo de esta manera un valor de 11.3 % de limite líquido.

De esta misma forma podemos decir que el agregado 75% de Grava – 25% de material ligante presenta un índice de plasticidad de 5.2.

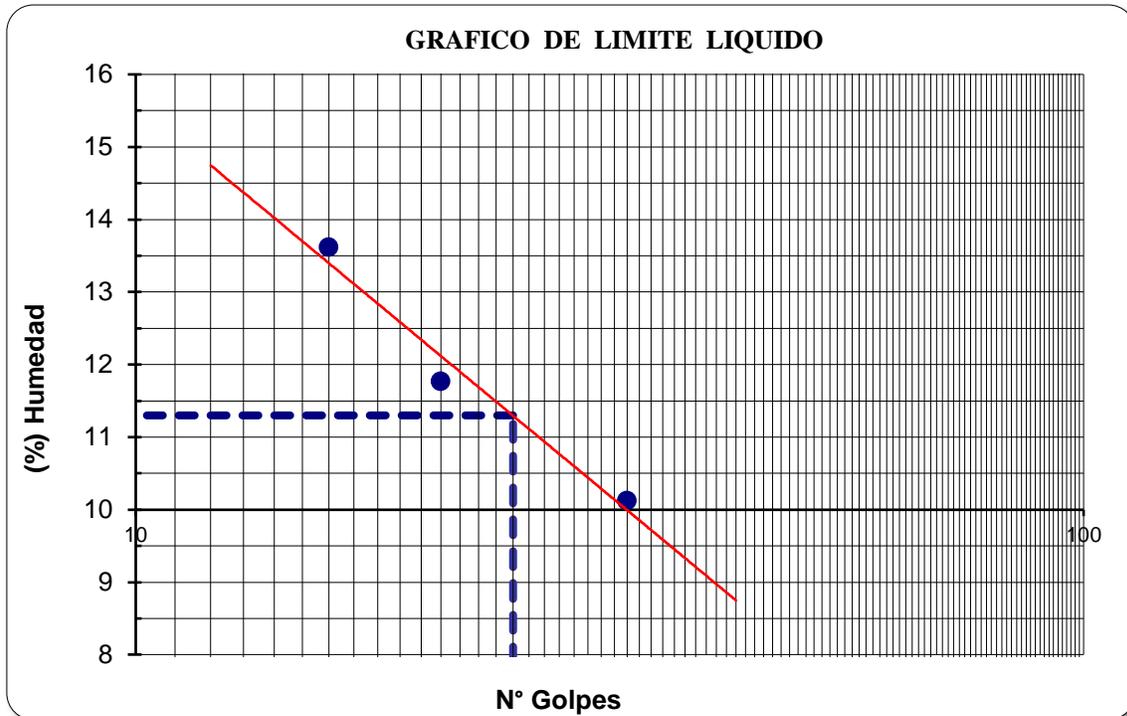


Figura 37: *Limite liquido agregado 75% - 25%*

**LIMITE LIQUIDO : 11.3      LIMITE PLÁSTICO : 6.1      IND. PLASTICIDAD : 5.2**

### **Compactación de suelos usando energía modificada**

Este ensayo para la mezcla de 75% de grava y 25% de material ligante, abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos que son compactados en un molde de 6 pulgadas de diámetro mediante un pisón que ejerce 44.5 N de fuerza, dejándolo caer de una altura de 18 pulgadas, produciendo de esta manera una energía de compactación de 56000 lb-pie/pie<sup>3</sup>.

Se proporcionan 3 métodos alternativos definidos por el análisis granulométrico, por lo que en este caso será aplicado el método C, al retener por el Tamiz 3/8” > 20% y al retener en el tamiz 3/4” < 30 %, trabajando de esta forma con material pasante de Tamiz 3/4”, a 5 capas con 56 golpes en cada una.

En la tabla 27 se observa los datos obtenidos a través del ensayo de Proctor por el método C, determinado por la granulometría de la muestra, la preparación de muestras para este ensayo se realiza por el método de cuarteo de esta forma tomar una muestra representativa.

Tabla 27: Ensayo de Proctor por método C – mezcla 75% - 25%

<b>Método de compactación</b>					<b>C</b>
<b>Numero de golpes</b>					<b>56</b>
<b>Numero de capas</b>					<b>5</b>
<b>CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA</b>					<b>4</b>
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1. Peso suelo húmeda. + molde	g	10928	11321	11243	11219
2. Peso del molde	g	6485	6485	6485	6485
3. Volumen del molde	cc	2037	2037	2037	2037
4. Peso suelo húmeda	g	4443	4836	4758	4734
<b>5. Densidad suelo húmeda</b>	<b>g/cc</b>	<b>2.181</b>	<b>2.374</b>	<b>2.336</b>	<b>2.324</b>
<b>CALCULO DE HUMEDAD</b>					
6. Capsula N°		T-01	TARA R	T-P	TP-02
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	442.0	342.0	406.0	447.0
8. Peso del suelo seco+capsula	g	423.0	322.0	370.0	404.0
9. Peso del agua	g	19.0	20.0	36.0	43.0
10. Peso de la capsula	g	49.0	51.0	51.0	51.0
11. Peso del suelo seco	g	374.0	271.0	319.0	353.0
12. Contenido de humedad	%	5.08	7.38	11.29	12.18
<b>13. Promedio de cont. de humedad</b>	<b>%</b>	<b>5.1</b>	<b>7.4</b>	<b>11.3</b>	<b>12.2</b>
<b>CALCULO DE DENSIDAD SECA</b>					
<b>14. Densidad seca del suelo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2.076</b>	<b>2.211</b>	<b>2.099</b>	<b>2.072</b>

En la figura 38 observamos la curva de densidad seca donde están graficados los 4 puntos trabajados a diferentes porcentajes de contenido de humedad, esta forma obtenemos una humedad óptima de la muestra y una densidad máxima.

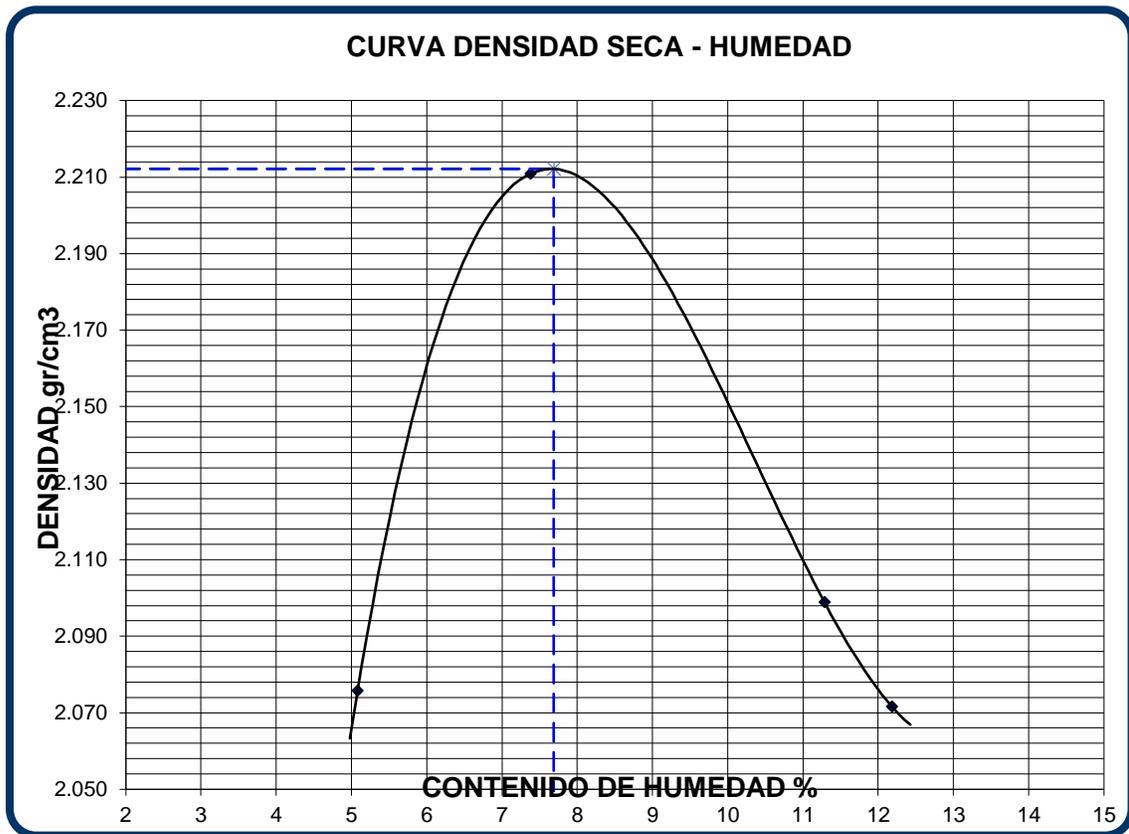


Figura 38: Grafica de curva de densidad seca, agregado 75% - 25%

RESULTADOS	
Humedad optima (%)	7,7
Densidad Maxima (g/cm <sup>3</sup> )	2,212

### Relación de soporte de california(CBR)

En este ensayo se pretende determinar la relación de soporte de California de un suelo de la grava 75% – 25% sometiéndola a esfuerzos cortantes, además de evaluar su calidad relativa para su uso en pavimento a nivel de afirmado.

Una vez determinada la humedad óptima mediante el ensayo de Proctor (7.7%) y la densidad máxima (2.212 g/cm<sup>3</sup>). Se procede a compactar la muestra en su interior, aplicando los golpes normados por cada molde preparado. Teniendo de esta manera tres muestras a 10, 25 y 56 golpes.

En la tabla 28 se observa los datos de CBR, analizados en tres muestras trabajadas a 56 golpes, 25 golpes y 10 golpes. Tenemos también que la muestra de 100% de grava no presento expansión y se presentan los datos de penetración que se analizaran en comparación a las demás combinaciones de mezcla.

Tabla 28: Datos CBR, agregado 75% – 25%

Molde N°	25		32		15	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (g)	9298		9118		8992	
Peso de molde (g)	4514		4514		4514	
Peso del suelo húmedo (g)	4784		4604		4478	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2127		2113		2119	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.249		2.179		2.113	
Humedad (%)	8.88		8.36		8.50	
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.066</b>		<b>2.011</b>		<b>1.947</b>	
Tarro N°	25		32		15	
Tarro + Suelo húmedo (g)	947.00		1006.60		1075.80	
Tarro + Suelo seco (g)	874.80		935.80		998.50	
Peso del Agua (g)	72.20		70.80		77.30	
Peso del tarro (g)	61.50		89.20		89.50	
Peso del suelo seco (g)	813.30		846.60		909.00	
<b>Humedad (%)</b>	<b>8.88</b>		<b>8.36</b>		<b>8.50</b>	

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
				<b>NO EXPANSIVO</b>							

PENETRACION													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 25				MOLDE N° 32				MOLDE N° 15			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/c m <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/c m <sup>2</sup>	kg/c m <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/c m <sup>2</sup>	kg/c m <sup>2</sup>	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		15	38			5	42			2	31		
0.050		51	65			24	68			7	67		
0.075		84	235			59	245			19	236		
0.100	70.3	169	384	470.00	34.6	98	367	400.00	29.5	37	311	360.00	26.5
0.125		205	417			144	415			103	408		
0.150		258	496			193	483			140	495		
0.200	105.0	328	875	930.00	45.9	246	862	800.00	39.5	183	854	710.00	35.0
0.300		415	1642			306	1503			231	1605		
0.400		495	2785			360	2698			291	2531		
0.500			3798				3654				3598		

En la figura 39 se observa la gráfica de penetración, presentando el CBR en porcentaje y la densidad seca (gr/cc) obtenido de la muestra de 75% de grava y 25% ligante.

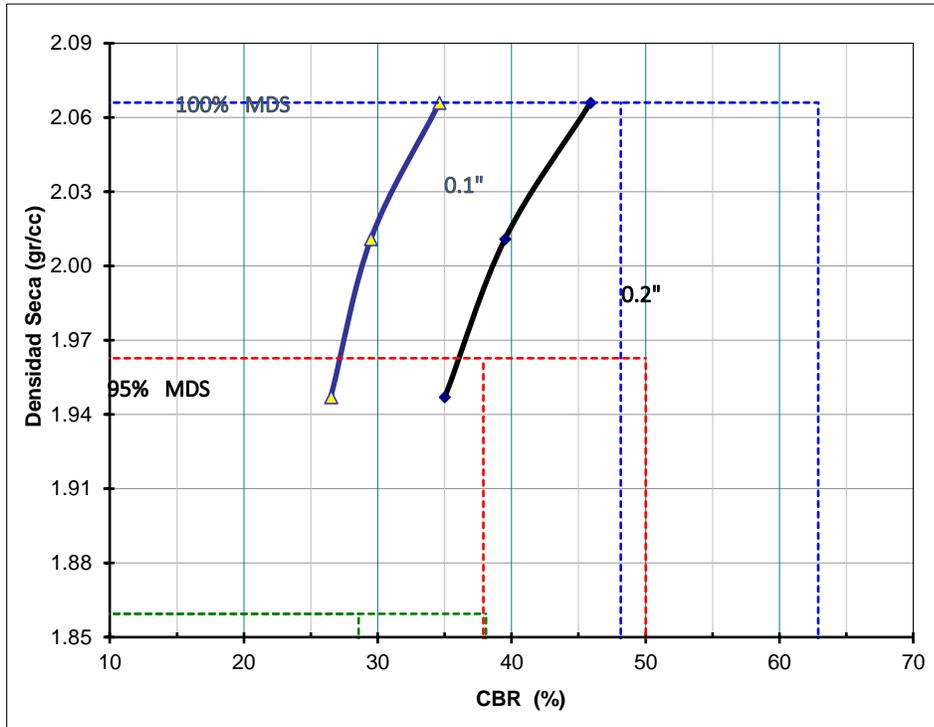


Figura 39: Gráfico de penetración del CBR

En las figura 40, 41 y 42 se tiene la resistencia a la penetración en pulgadas por carga en kg/cm<sup>2</sup>, en cada muestra trabajada a 10, 25 y 56 golpes. El valor de relación de soporte (CBR) se presenta al 100% y al 95% de su máxima densidad seca, teniendo valores de penetración a 1" y a 2".

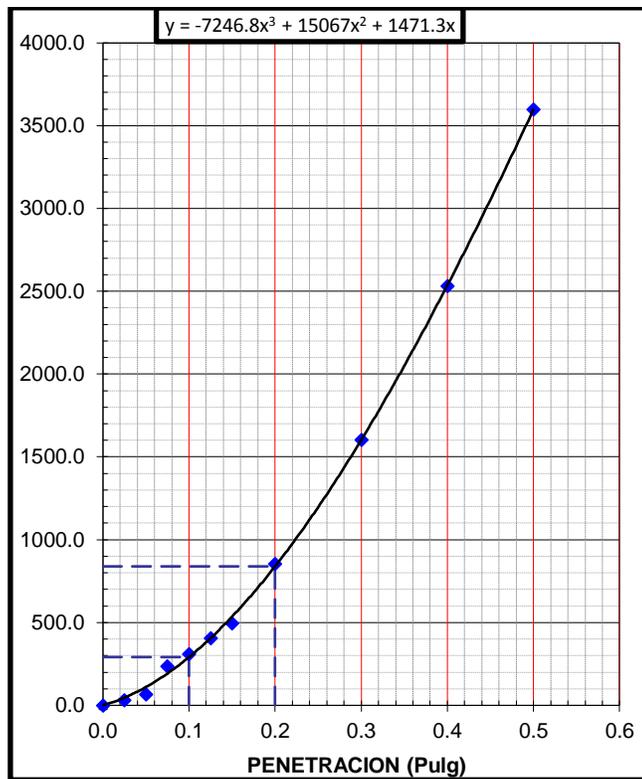


Figura 40: EC = 10 golpes (75% - 25%)

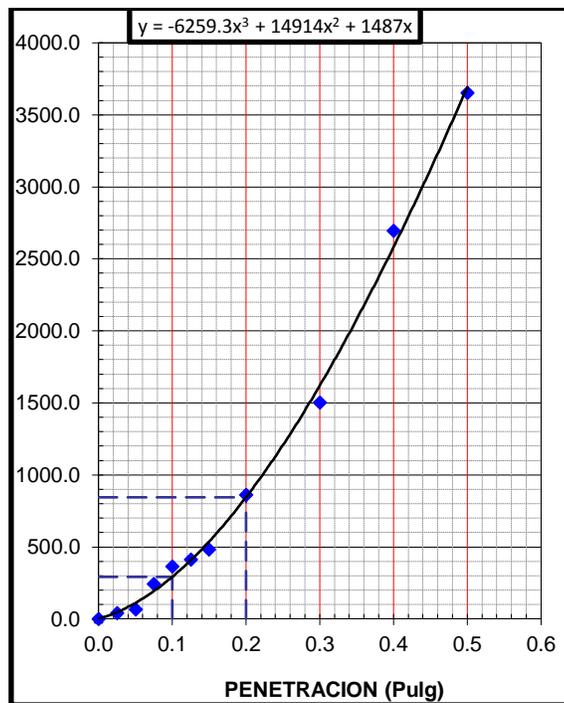


Figura 41: EC = 25 golpes (75% - 25%)

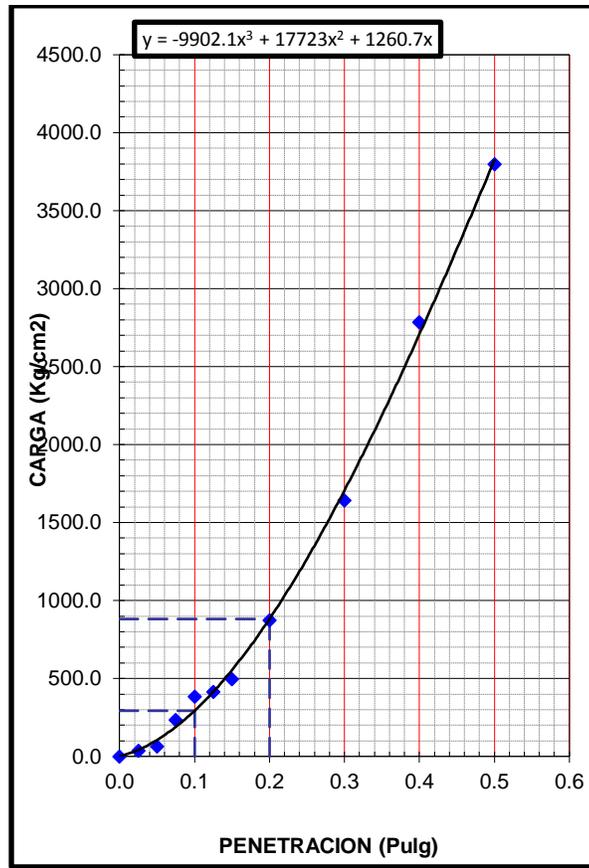


Figura 42: EC = 56 golpes (75% - 25%)

**RESULTADOS:**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	<b>48.1</b>	0.2":	<b>62.9</b>
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	<b>37.9</b>	0.2":	<b>50.0</b>

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el mecanismo de la prensa, tratando de mantener una velocidad uniforme de 1.27.mm por minuto. En este al contar con una prensa manual que no cuenta con una velocidad automática, se contrala mediante el deforma miento de penetración (Dial) y un cronometro. Trabajando de esta manera con las lecturas de carga para cada penetración, a través de este procedimiento se encuentra que el CBR de 75%-25% presenta un considerable ascenso en comparación a la muestra de 80%-20%.

#### 4.1.7. ANÁLISIS DE COMBINACIÓN 70% GRAVA – 30% LIGANTE

La proporción usada para trabajar las combinaciones entre grava y material ligante se hizo por porcentajes dando 70% de grava y 30% de material ligante.

#### Granulometría

En la tabla 29 se observan los resultados en la determinación de los porcentajes de mezcla que pasan por los diferentes tamices en una muestra de 3000 gramos.

Tabla 29: Análisis granulométrico por tamizado, mezcla 70% - 30%

Tamiz ASTM	Abertura ( mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	373.0	12.4	12.4	87.6
3/4"	19.050	217.0	7.2	19.7	80.3
1/2"	12.700	387.0	12.9	32.6	67.4
3/8"	9.525	285.0	9.5	42.1	57.9
1/4"	6.350				
No. 4	4.760	489.0	16.3	58.4	41.6
No. 8	2.360	431.0	14.4	72.7	27.3
No. 10	2.000	205.0	6.8	79.6	20.4
No. 16	1.190	117.0	3.9	83.5	16.5
No 20	0.834				
No 30	0.600	169.0	5.6	89.1	10.9
No. 40	0.420	103.0	3.4	92.5	7.5
No. 50	0.300	105.0	3.5	96.0	4.0
No. 60	0.250				
No. 80	0.177				
No. 100	0.149	87.0	2.9	98.9	1.1
No. 200	0.075	23.0	0.8	99.7	0.3
< No. 200		9.0	0.3	100.0	

En la figura 43 se observa la curva granulométrica resultado de los porcentajes retenidos en cada uno de los tamices empleados en el ensayo, con un porcentaje equilibrado entre material grueso y fino.

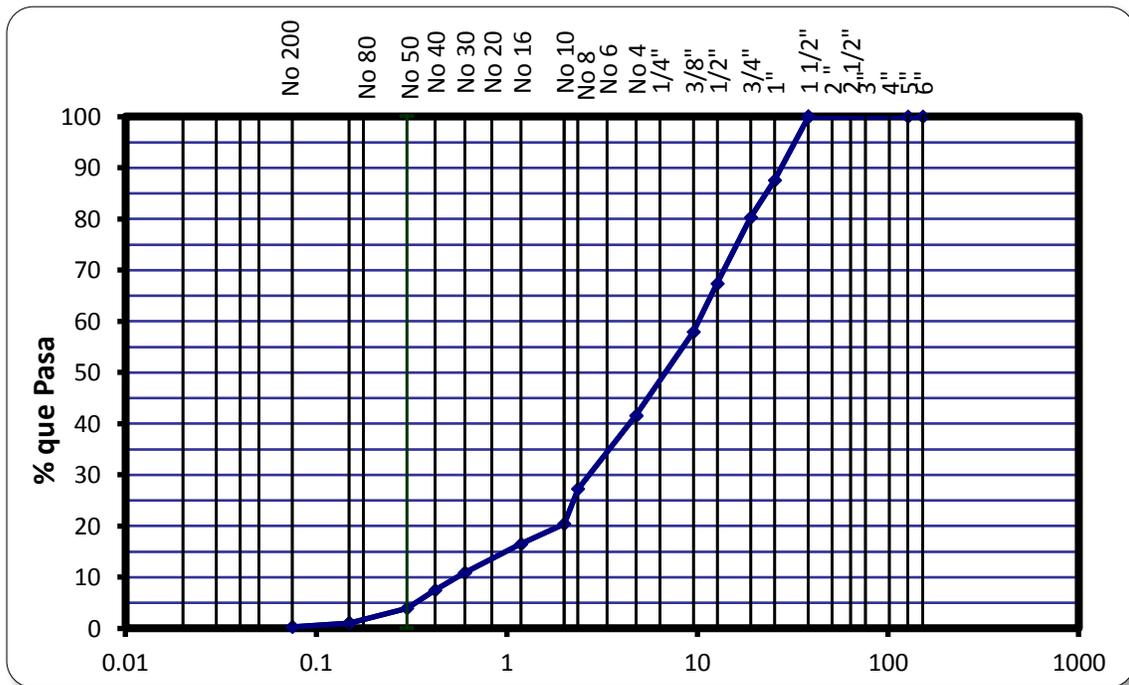


Figura 43: Curva granulométrica del agregado 70% -30%

### Límites de consistencia

En la tabla 30 se tiene las gráficas de límites de consistencia, donde se obtiene que la combinación de 70% de Grava y 30% de material ligante presenta un límite plástico y un límite líquido, que progresivamente fue subiendo al añadir más material fino a la mezcla a analizar. De lo experimentado también podemos decir que ya es notoria una consistencia más trabajable.

Es importante resaltar que los porcentajes de finos van en un aumento gradual en relación a la combinación trabajada.

Tabla 30: Limite líquido y plástico del agregado 70% - 30%

	<b>LIMITE PLASTICO (MTC E 111)</b>		<b>HUM. NAT. (MTC E 108)</b>
Capsula Nro	<b>10</b>	<b>35</b>	<b>14</b>
Peso de la Capsula (g)	4.66	4.45	284.2
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	<b>9.48</b>	<b>9.36</b>	<b>2138</b>
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	<b>8.74</b>	<b>8.64</b>	<b>2078</b>
Peso del Agua (g)	0.74	0.72	60
Peso del Suelo Seco (g)	4.08	4.19	1794
Contenido de Humedad (%)	18.14	17.18	3.34
<b>PROMEDIO</b>	<b>17.66</b>		<b>3.34</b>
	<b>LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)</b>		
Capsula Nro	<b>33</b>	<b>9</b>	<b>37</b>
Peso de la Capsula (g)	37.4	49.5	38.1
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	62.90	87.50	74.00
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	57.80	80	67.40
Numero de Golpes	<b>17</b>	<b>24</b>	<b>32</b>
Peso del agua (g)	5.1	7.50	6.60
Peso del Suelo Seco (g)	20.4	30.5	29.30
Contenido de Humedad (%)	<b>25.00</b>	<b>24.59</b>	<b>22.53</b>

En la figura 44 se observa una correcta aplicación de la metodología del multipunto para obtener la humedad de la muestra a 25 golpes, obteniendo de esta manera un valor de 23.8 % de limite líquido.

De esta misma forma podemos decir que el agregado 70% de Grava – 30% de material ligante presenta un índice de plasticidad de 6.1.

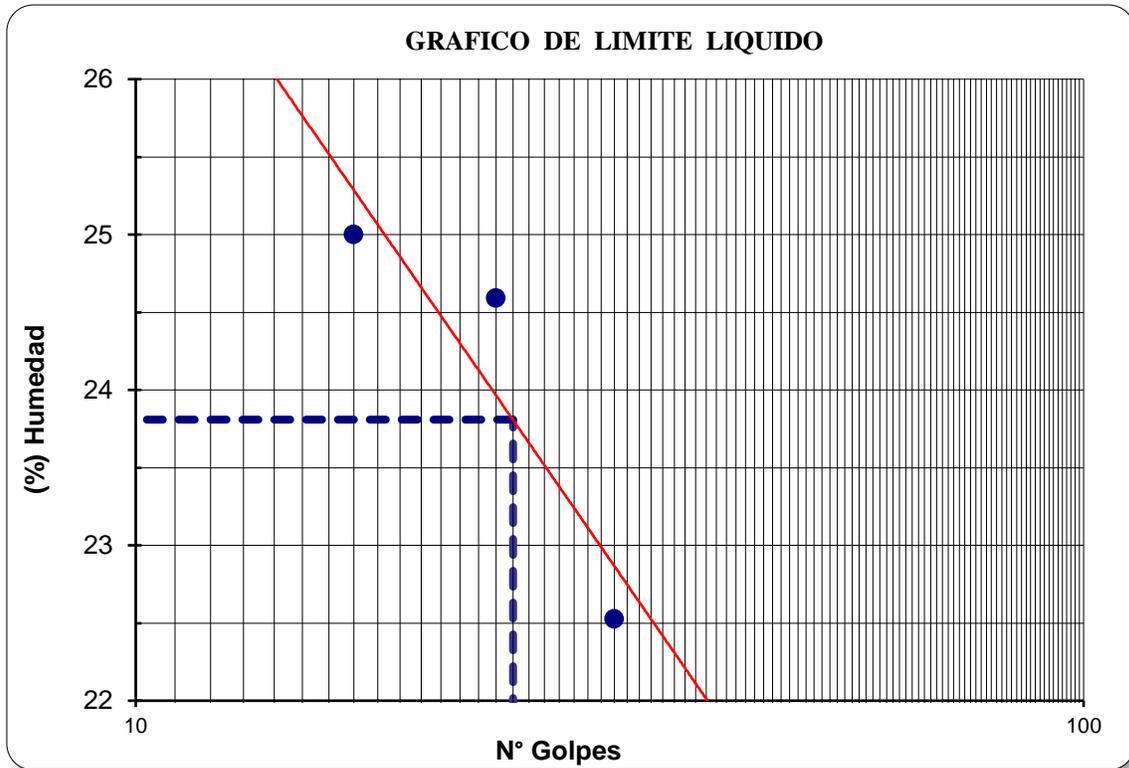


Figura 44: Limite liquido agregado 70% - 30%

**LIMITE LIQUIDO : 23.8      LIMITE PLÁSTICO : 17.7      IND. PLASTICIDAD 6.1**

### Compactación de suelos usando energía modificada

Este ensayo para la mezcla de 70% de grava y 30% de material ligante, abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos que son compactados en un molde de 4 o de 6 pulgadas de diámetro mediante un pisón que ejerce 44.5 N de fuerza, dejándolo caer de una altura de 18 pulgadas, produciendo de esta manera una energía de compactación de 56000 lb-pie/pie<sup>3</sup>.

Se proporcionan 3 métodos alternativos definidos por el análisis granulométrico, por lo que en este caso será aplicado el método C, al retener por el Tamiz 3/8” > 20% y al retener en el tamiz 3/4” < 30 %, trabajando de esta forma con material pasante de Tamiz 3/4”, a 5 capas con 56 golpes en cada una.

En la tabla 31 se observa los datos obtenidos a través del ensayo de Proctor por el método C, determinado por la granulometría de la muestra. La preparación de muestras para este ensayo se realiza por el método de cuarteo de esta forma tomar una muestra representativa.

Tabla 31: Ensayo de Proctor por método C – mezcla 70% - 30%

<b>Método de compactación</b>					<b>C</b>
<b>Numero de golpes</b>					<b>56</b>
<b>Numero de capas</b>					<b>5</b>
<b>CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1. Peso suelo húmedo. + molde	g	10957	11346	11267	11242
2. Peso del molde	g	6485	6485	6485	6485
3. Volumen del molde	cc	2037	2037	2037	2037
4. Peso suelo húmedo	g	4472	4861	4782	4757
<b>5. Densidad suelo húmedo</b>	g/cc	2.195	2.386	2.348	2.335
<b>CALCULO DE HUMEDAD</b>					
6. Capsula N°		T-01	TARA R	T-P	TP-02
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	453.0	355.0	410.0	453.0
8. Peso del suelo seco+ capsula	g	433.0	332.0	374.0	409.0
9. Peso del agua	g	20.0	23.0	36.0	44.0
10. Peso de la capsula	g	49.0	51.0	51.0	51.0
11. Peso del suelo seco	g	384.0	281.0	323.0	358.0
12. Contenido de humedad	%	5.21	8.19	11.15	12.29
<b>13. Promedio de cont. de humedad</b>	%	5.2	8.2	11.1	12.3
<b>CALCULO DE DENSIDAD SECA</b>					
<b>14. Densidad seca del suelo</b>	g/cc	<b>2.087</b>	<b>2.206</b>	<b>2.112</b>	<b>2.080</b>

En la figura 45 observamos la curva de densidad seca donde están graficados los 4 puntos trabajados a diferentes porcentajes de contenido de humedad, esta forma obtenemos una humedad óptima de la muestra y una densidad máxima.

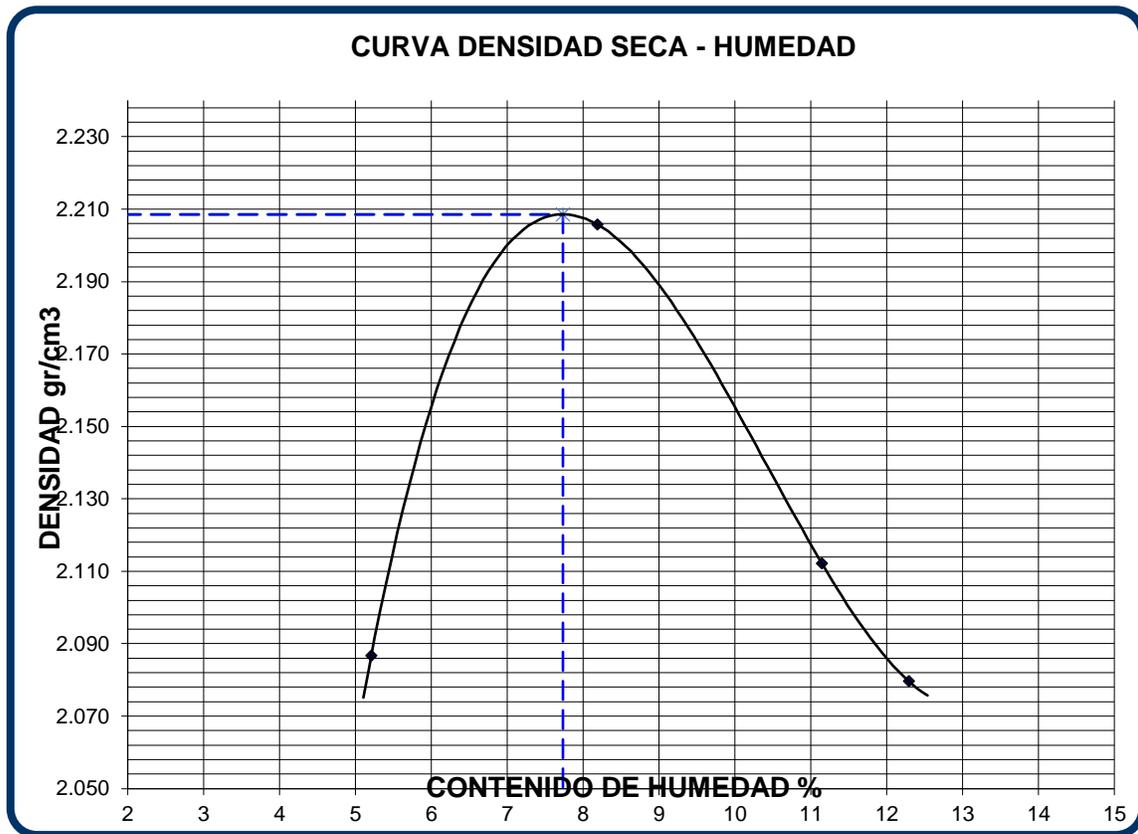


Figura 45: Grafica de curva de densidad seca, agregado 70% - 30%

RESULTADOS	
Humedad optima (%)	7,7
Densidad Maxima (g/cm³)	2,209

### Relación de soporte de california(CBR)

En este ensayo se pretende determinar la relación de soporte de California de un suelo de la grava 70% – 30% sometiéndola a esfuerzos cortantes, además de evaluar su calidad relativa para su uso en pavimento a nivel de afirmado.

Una vez determinada la humedad óptima mediante el ensayo de Proctor (7.7%) y la densidad máxima (2.209 g/cm<sup>3</sup>). Se procede a compactar la muestra en su interior, aplicando los golpes normados por cada molde preparado. Teniendo de esta manera tres muestras a 10, 25 y 56 golpes.

En la tabla 32 se observa los datos de CBR, analizados en tres muestras trabajadas a 56 golpes, 25 golpes y 10 golpes. Tenemos también que la muestra de 70% - 30% no presento expansión y se presentan los datos de penetración que se analizaran en comparación a las demás combinaciones de mezcla.

Tabla 32: Datos CBR, agregado 70% – 30%

Molde N°	25		32		15	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (g)	9384		9173		9159	
Peso de molde (g)	4514		4512		4476	
Peso del suelo húmedo (g)	4870		4661		4683	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2134		2134		2134	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.282		2.184		2.194	
Humedad (%)	8.85		8.65		8.99	
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.096</b>		<b>2.010</b>		<b>2.013</b>	
Tarro N°	56		25		10	
Tarro + Suelo húmedo (g)	945.50		1003.60		1074.80	
Tarro + Suelo seco (g)	873.60		930.80		993.50	
Peso del Agua (g)	71.90		72.80		81.30	
Peso del tarro (g)	61.50		89.20		89.50	
Peso del suelo seco (g)	812.10		841.60		904.00	
<b>Humedad (%)</b>	<b>8.85</b>		<b>8.65</b>		<b>8.99</b>	

EXPANSION												
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		
				mm	%		mm	%		mm	%	
				<b>NO EXPANSIVO</b>								

PENETRACION													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 25				MOLDE N° 32				MOLDE N° 15			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		0.64	24			0.64	27			0.64	15		
0.050		1.27	58			1.27	70			1.27	38		
0.075		1.91	115			1.91	137			1.91	79		
0.100	70.3	2.54	200	470.00	34.6	2.54	116	400.00	29.5	2.54	106	360.00	26.5
0.125		3.18	305			3.18	302			3.18	289		
0.150		3.81	438			3.81	426			3.81	415		
0.200	105.0	5.08	775	930.00	45.9	5.08	735	800.00	39.5	5.08	731	710.00	35.0
0.300		7.62	1695			7.62	1538			7.62	1497		
0.400		10.16	2536			10.16	2498			10.16	2358		
0.500		12.70	3638			12.70	3618			12.70	3510		

En la figura 46 se observa la gráfica de penetración, presentando el CBR en porcentaje y la densidad seca (gr/cc) obtenido de la muestra de 70% de grava y 30% ligante.

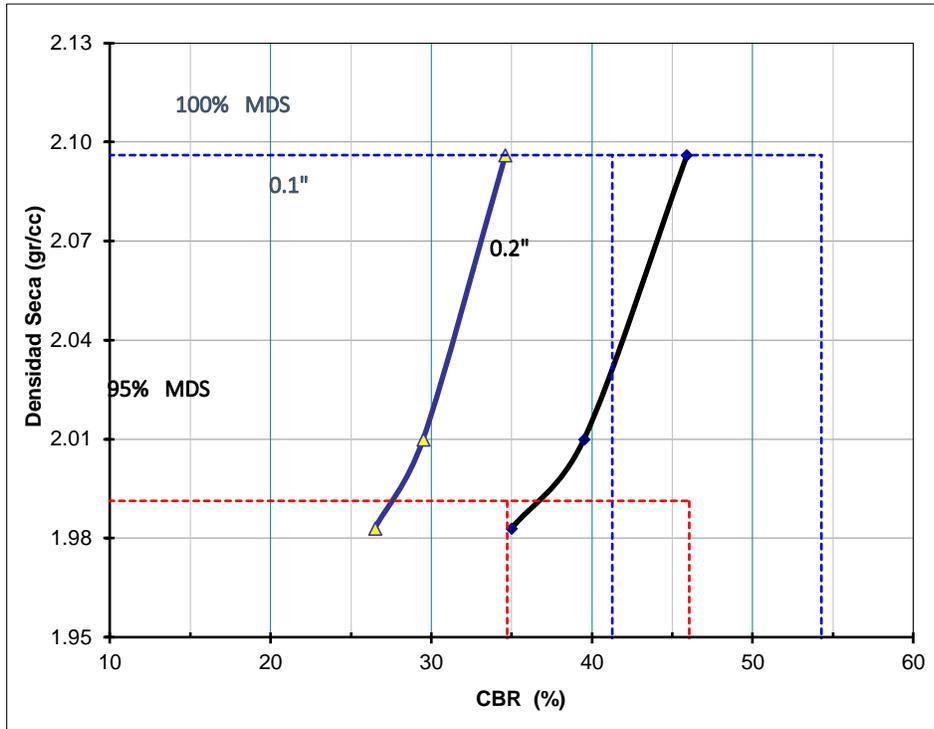


Figura 46: Gráfico de penetración del CBR

En las figura 47, 48 y 49 se tiene la resistencia a la penetracion en pulgadas por carga en kg/cm<sup>2</sup>, en cada muestra trabajada a 10, 25 y 56 golpes. El valor de relacion de soporte (CBR) se presenta al 100% y al 95% de su maxima densidad seca, teniendo valores de penetracion a 1" y a 2".

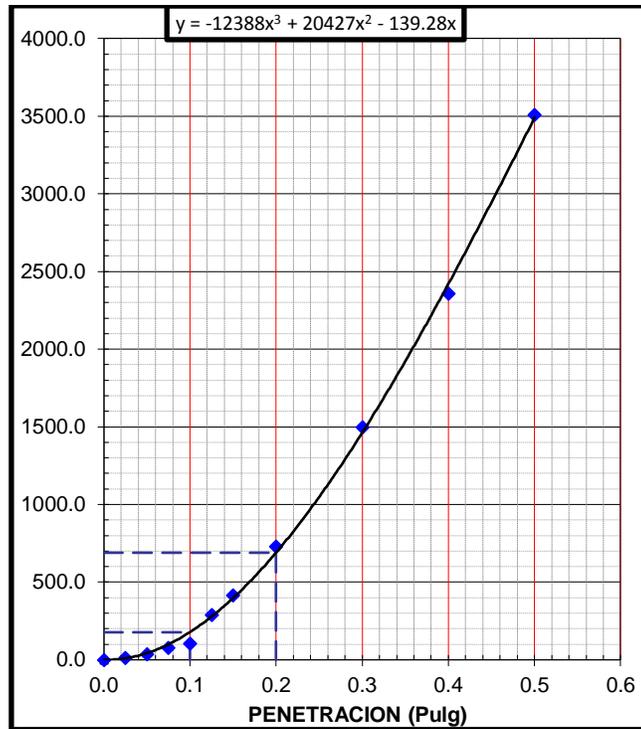


Figura 47: EC = 10 golpes (70% - 30%)

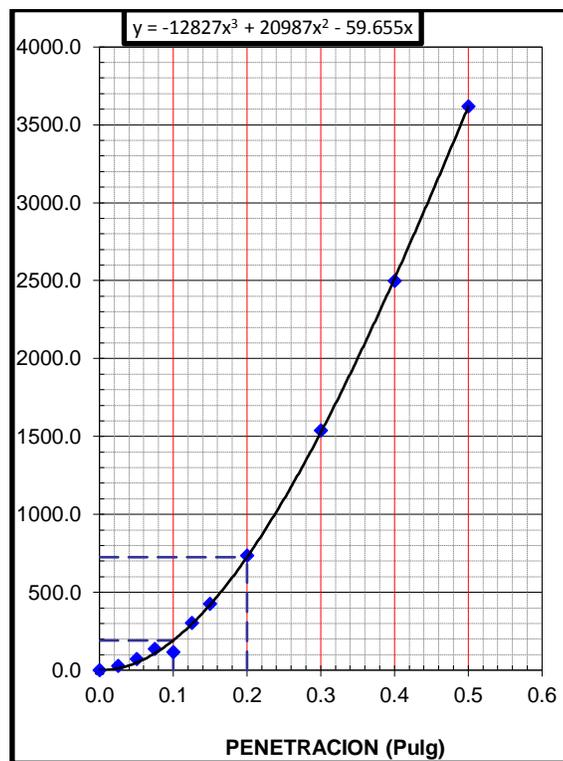


Figura 48: EC = 25 golpes (70% - 30%)

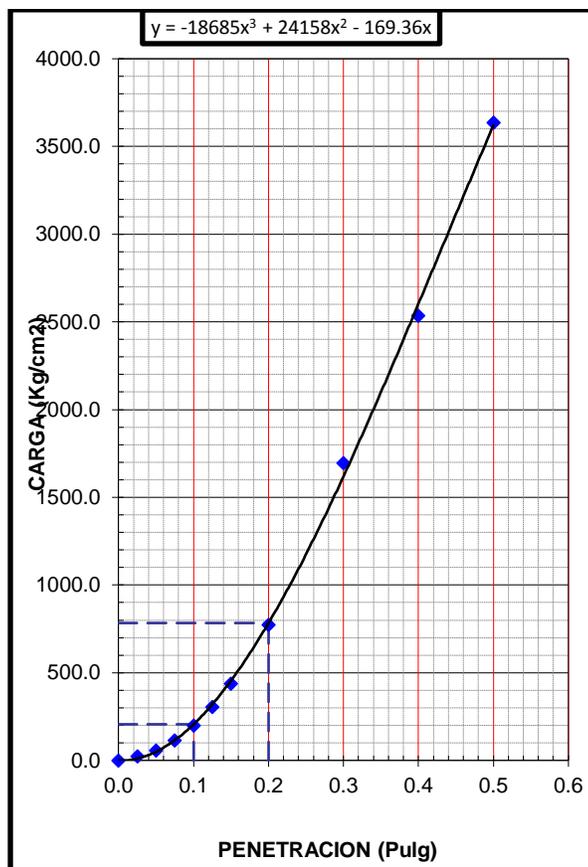


Figura 49: EC = 56 golpes (70% - 30%)

**RESULTADOS:**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	<b>41.3</b>	0.2":	<b>54.3</b>
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	<b>34.7</b>	0.2":	<b>46.1</b>

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el mecanismo de la prensa, tratando de mantener una velocidad uniforme de 1.27.mm por minuto. En este al contar con una prensa manual que no cuenta con una velocidad automática, se contrala mediante el deforma miento de penetración (Dial) y un cronometro. Trabajando de esta manera con las lecturas de carga para cada penetración, a través de este procedimiento se encuentra que el CBR de 70%-30% presenta un ligero descenso en comparación a la muestra de 75%-25%.

#### 4.1.8. ANÁLISIS DE COMBINACIÓN 65% GRAVA – 35% LIGANTE

La proporción usada para trabajar las combinaciones entre grava y material ligante se hizo por porcentajes dando 65% de grava y 35% de material ligante.

#### Granulometría

En la tabla 33 se observan los resultados en la determinación de los porcentajes de mezcla que pasan por los diferentes tamices en una muestra de 3000 gramos.

Tabla 33: Análisis granulométrico por tamizado, mezcla 65% - 35%

Tamiz ASTM	Abertura ( mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101,600				
3"	76,200				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				
1 1/2"	38,100				100,0
1"	25,400	353,0	11,8	11,8	88,2
3/4"	19,050	212,0	7,1	18,8	81,2
1/2"	12,700	387,0	12,9	31,7	68,3
3/8"	9,525	255,0	8,5	40,2	59,8
1/4"	6,350				
No. 4	4,760	467,0	15,6	55,8	44,2
No. 8	2,360	436,0	14,5	70,3	29,7
No. 10	2,000	225,0	7,5	77,8	22,2
No. 16	1,190	117,0	3,9	81,7	18,3
No 20	0,834				
No 30	0,600	169,0	5,6	87,4	12,6
No. 40	0,420	134,0	4,5	91,8	8,2
No. 50	0,300	115,0	3,8	95,7	4,3
No. 60	0,250				
No. 80	0,177				
No. 100	0,149	88,0	2,9	98,6	1,4
No. 200	0,075	33,0	1,1	99,7	0,3
< No. 200		9,0	0,3	100,0	

En la figura 50 se observa la curva granulométrica resultado de los porcentajes retenidos en cada uno de los tamices empleados en el ensayo, con un porcentaje equilibrado entre material grueso y fino.

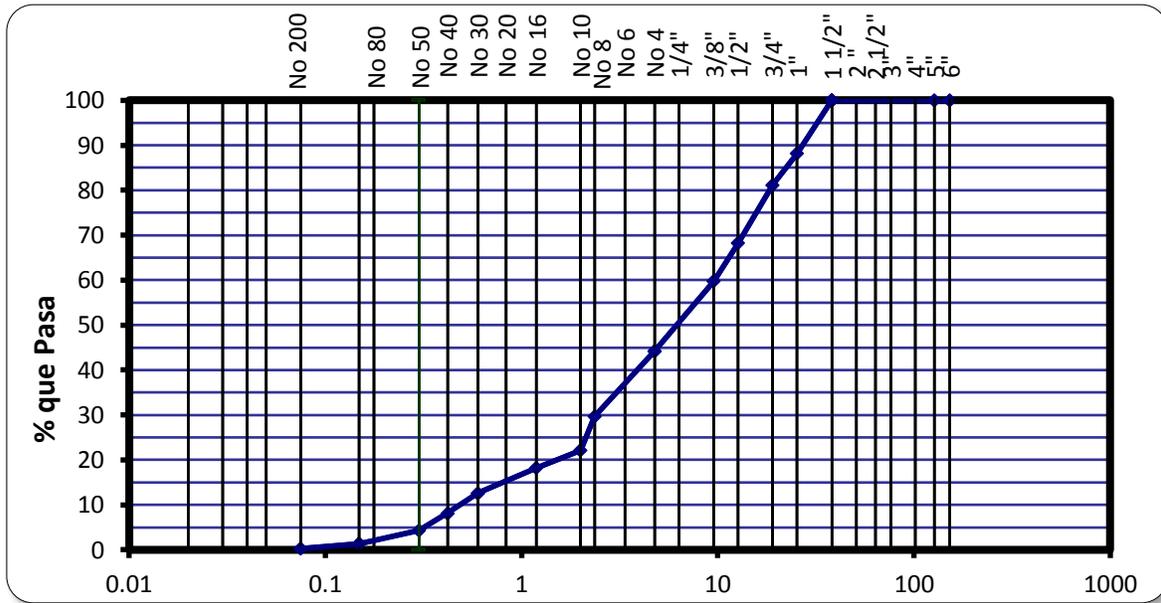


Figura 50: Curva granulométrica del agregado 65% -35%

### Límites de consistencia

En la tabla 34 se tiene las gráficas de límites de consistencia, donde se obtiene que la combinación de 65% de Grava y 35% de material ligante presenta un límite plástico y un límite líquido, que progresivamente fue subiendo al añadir más material fino a la mezcla a analizar. De lo experimentado también podemos decir que ya es notoria una consistencia más trabajable.

Es importante resaltar que los porcentajes de finos van en un aumento gradual en relación a la combinación trabajada.

Tabla 34: Limite líquido y plástico del agregado 65% - 35%

	<b>LIMITE PLASTICO (MTC E 111)</b>		<b>HUM. NAT. (MTC E 108)</b>
Capsula Nro	<b>10</b>	<b>35</b>	<b>14</b>
Peso de la Capsula (g)	4,66	4,45	284,2
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	<b>9,48</b>	<b>9,36</b>	<b>2138</b>
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	<b>8,75</b>	<b>8,67</b>	<b>2078</b>
Peso del Agua (g)	0,73	0,69	60
Peso del Suelo Seco (g)	4,09	4,22	1794
Contenido de Humedad (%)	17,85	16,35	3,34
<b>PROMEDIO</b>	<b>17,10</b>		<b>3,34</b>
	<b>LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)</b>		
Capsula Nro	<b>33</b>	<b>9</b>	<b>37</b>
Peso de la Capsula (g)	38	49,5	38,1
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	62,70	87,30	74,00
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	57,80	80	67,50
Numero de Golpes	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>33</b>
Peso del agua (g)	4,9	7,30	6,50
Peso del Suelo Seco (g)	19,8	30,5	29,40
Contenido de Humedad (%)	<b>24,75</b>	<b>23,93</b>	<b>22,11</b>

En la figura 51 se observa una correcta aplicación de la metodología del multipunto para obtener la humedad de la muestra a 25 golpes, obteniendo de esta manera un valor de 23.2 % de limite líquido.

De esta misma forma podemos decir que el agregado 65% de Grava – 35% de material ligante presenta un índice de plasticidad de 6.1.

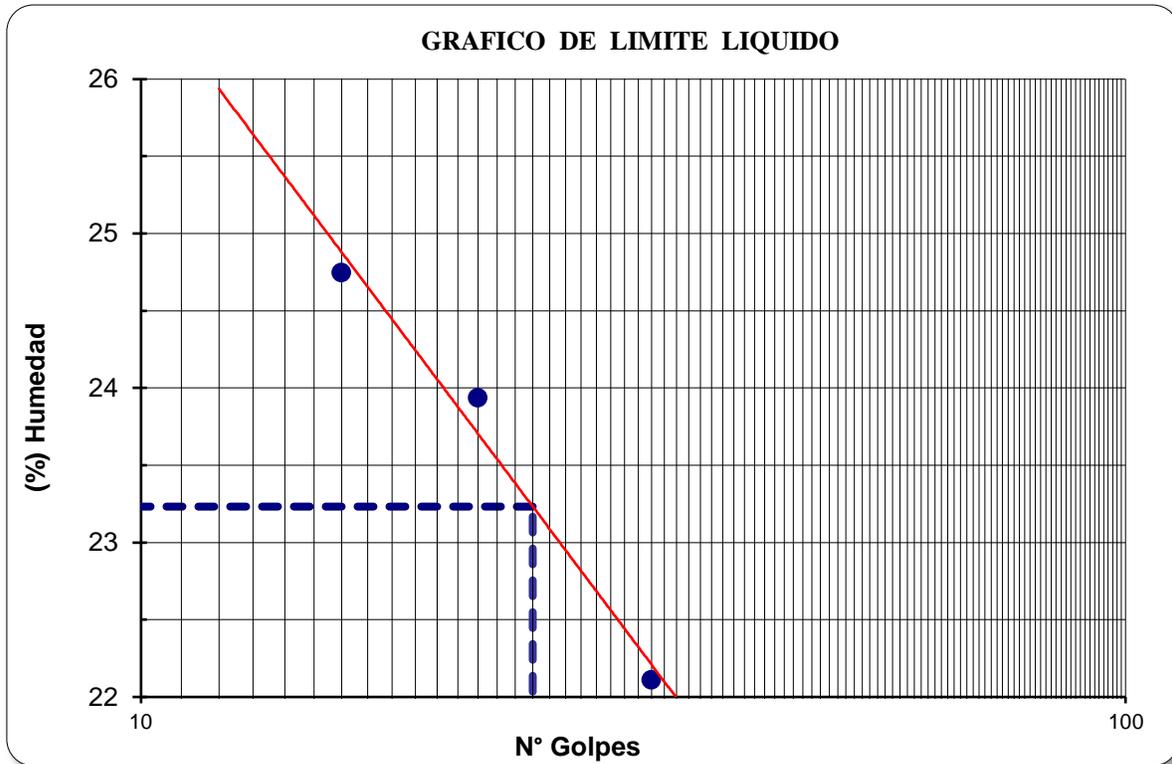


Figura 51: Limite liquido agregado 65% - 35%

**LIMITE LIQUIDO : 23.2      LIMITE PLÁSTICO : 17.1      IND. PLASTICIDAD 6.1**

### Compactación de suelos usando energía modificada

Este ensayo para la mezcla de 65% de grava y 35% de material ligante, abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos que son compactados en un molde de 4 o de 6 pulgadas de diámetro mediante un pisón que ejerce 44.5 N de fuerza, dejándolo caer de una altura de 18 pulgadas, produciendo de esta manera una energía de compactación de 56000 lb-pie/pie<sup>3</sup>.

Se proporcionan 3 métodos alternativos definidos por el análisis granulométrico, por lo que en este caso será aplicado el método C, al retener por el Tamiz 3/8” > 20% y al retener en el tamiz 3/4” < 30 %, trabajando de esta forma con material pasante de Tamiz 3/4”, a 5 capas con 56 golpes en cada una.

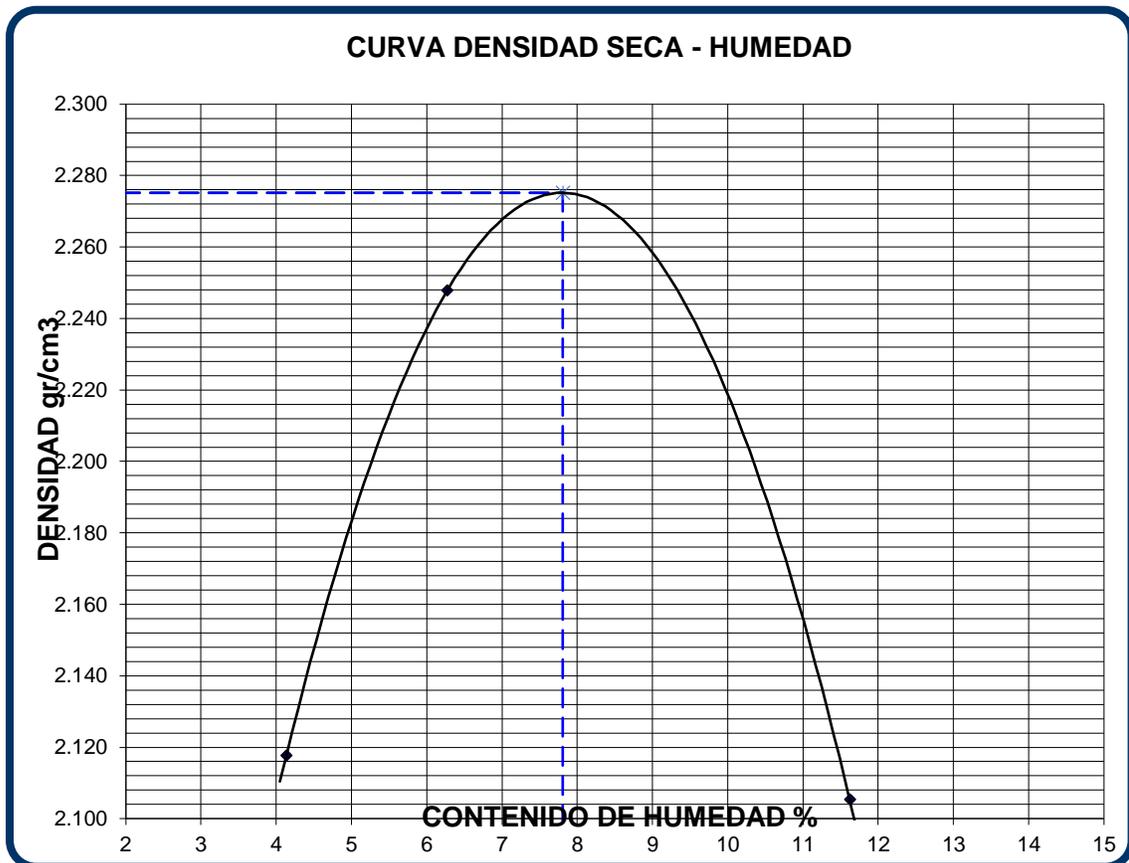
En la tabla 35 se observa los datos obtenidos a través del ensayo de Proctor por el método C, determinado por la granulometría de la muestra. La preparación de muestras para este ensayo se realiza por el método de cuarteo de esta forma tomar una muestra representativa.

Tabla 35: Ensayo de Proctor por método C – mezcla 65% - 35%

<b>Método de compactación</b>					<b>C</b>
<b>Numero de golpes</b>					<b>56</b>
<b>Numero de capas</b>					<b>5</b>
<b>CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1. Peso suelo húmedo. + molde	g	10977	11351	11272	11254
2. Peso del molde	g	6485	6485	6485	6485
3. Volumen del molde	cc	2037	2037	2037	2037
4. Peso suelo húmedo	g	4492	4866	4787	4769
<b>5. Densidad suelo húmedo</b>	g/cc	<b>2,205</b>	<b>2,389</b>	<b>2,350</b>	<b>2,341</b>
<b>CALCULO DE HUMEDAD</b>					
6. Capsula N°		T-01	R	T	TP-03
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	452,0	356,0	416,0	451,0
8. Peso del suelo seco + capsula	g	436,0	338,0	378,0	409,0
9. Peso del agua	g	16,0	18,0	38,0	42,0
10. Peso de la capsula	g	49,0	51,0	51,0	51,0
11. Peso del suelo seco	g	387,0	287,0	327,0	358,0
12. Contenido de humedad	%	4,13	6,27	11,62	11,73
<b>13. Promedio de cont. de humedad</b>	%	<b>4,1</b>	<b>6,3</b>	<b>11,6</b>	<b>11,7</b>
<b>CALCULO DE DENSIDAD SECA</b>					
<b>14. Densidad seca del suelo</b>	g/cc	<b>2,118</b>	<b>2,248</b>	<b>2,105</b>	<b>2,095</b>

En la tabla 94 observamos la curva de densidad seca donde están graficados los 4 puntos trabajados a diferentes porcentajes de contenido de humedad, esta forma obtenemos una humedad óptima de la muestra y una densidad máxima.

Tabla 94: Grafica de curva de densidad seca, agregado 65% - 35%



RESULTADOS	
Humedad optima (%)	7,8
Densidad Maxima (g/cm <sup>3</sup> )	2,275

### Relación de soporte de california(CBR)

En este ensayo se pretende determinar la relación de soporte de California de un suelo de la grava 65% – 35% sometiéndola a esfuerzos cortantes, además de evaluar su calidad relativa para su uso en pavimento a nivel de afirmado.

Una vez determinada la humedad óptima mediante el ensayo de Proctor (7.8%) y la densidad máxima (2.275 g/cm<sup>3</sup>). Se procede a compactar la muestra en su interior, aplicando los golpes normados por cada molde preparado. Teniendo de esta manera tres muestras a 10, 25 y 56 golpes.

En la tabla 36 se observa los datos de CBR, analizados en tres muestras trabajadas a 56 golpes, 25 golpes y 10 golpes. Tenemos también que la muestra de 65% - 35% no presento expansión y se presentan los datos de penetración que se analizaran en comparación a las demás combinaciones de mezcla.

Tabla 36: Datos CBR, agregado 65% – 35%

Molde N°	25		32		15	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (g)	9449		9183		9172	
Peso de molde (g)	4514		4512		4476	
Peso del suelo húmedo (g)	4935		4671		4696	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2134		2134		2134	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2,312		2,188		2,200	
Humedad (%)	7,40		7,30		7,78	
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2,153</b>		<b>2,039</b>		<b>2,041</b>	
Tarro N°	56		25		10	
Tarro + Suelo húmedo (g)	930,50		997,60		1063,80	
Tarro + Suelo seco (g)	870,60		935,80		993,50	
Peso del Agua (g)	59,90		61,80		70,30	
Peso del tarro (g)	61,50		89,20		89,50	
Peso del suelo seco (g)	809,10		846,60		904,00	
<b>Humedad (%)</b>	<b>7,40</b>		<b>7,30</b>		<b>7,78</b>	

EXPANSION												
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		
				mm	%		mm	%		mm	%	
				<b>NO EXPANSIVO</b>								

PENETRACION													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 25				MOLDE N° 32				MOLDE N° 15			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/c m <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/c m <sup>2</sup>	kg/c m <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/c m <sup>2</sup>	kg/c m <sup>2</sup>	%
0,000		0	0			0	0			0	0		
0,025		0,64	18			0,64	20			0,64	17		
0,050		1,27	48			1,27	31			1,27	29		
0,075		1,91	112			1,91	105			1,91	67		
0,100	70,3	2,54	189	470, 00	34,6	2,54	157	400, 00	29,5	2,54	142	360, 00	26,5
0,125		3,18	247			3,18	264			3,18	214		
0,150		3,81	432			3,81	412			3,81	398		
0,200	105,0	5,08	684	930, 00	45,9	5,08	632	800, 00	39,5	5,08	624	710, 00	35,0
0,300		7,62	1587			7,62	1351			7,62	1324		
0,400		10,16	2354			10,16	2147			10,16	1987		
0,500		12,70	3157			12,70	3014			12,70	2987		

En la figura 52 se observa la gráfica de penetración, presentando el CBR en porcentaje y la densidad seca (gr/cc) obtenido de la muestra de 65% de grava y 35% ligante.

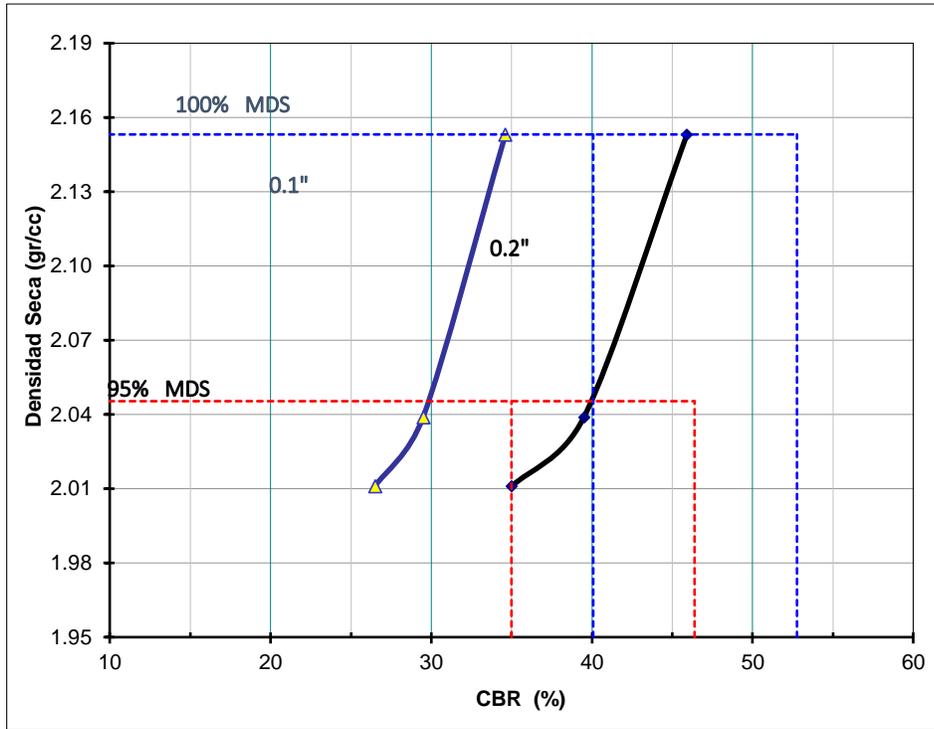


Figura 52: Gráfico de penetración del CBR

En las figura 53, 54 y 55 se tiene la resistencia a la penetracion en pulgadas por carga en kg/cm<sup>2</sup>, en cada muestra trabajada a 10, 25 y 56 golpes. El valor de relacion de soporte (CBR) se presenta al 100% y al 95% de su maxima densidad seca, teniendo valores de penetracion a 1" y a 2".

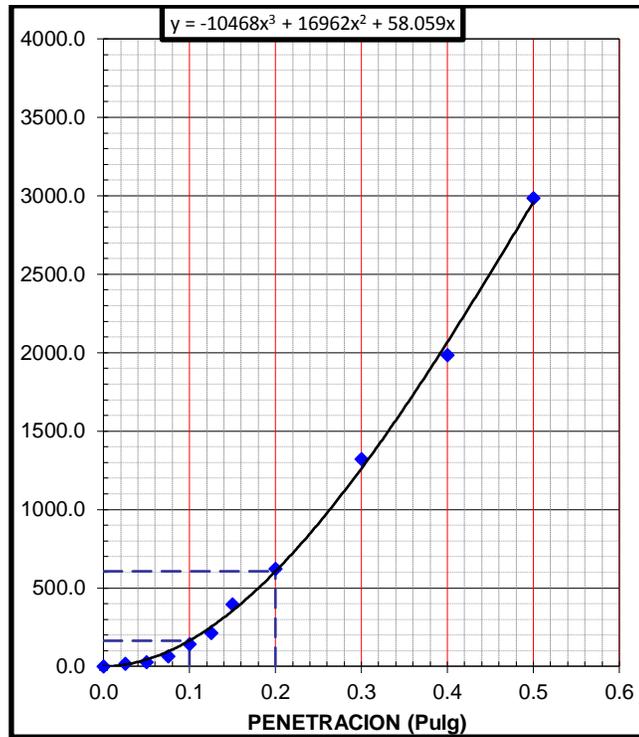


Figura 53: EC = 10 golpes (65% - 35%)

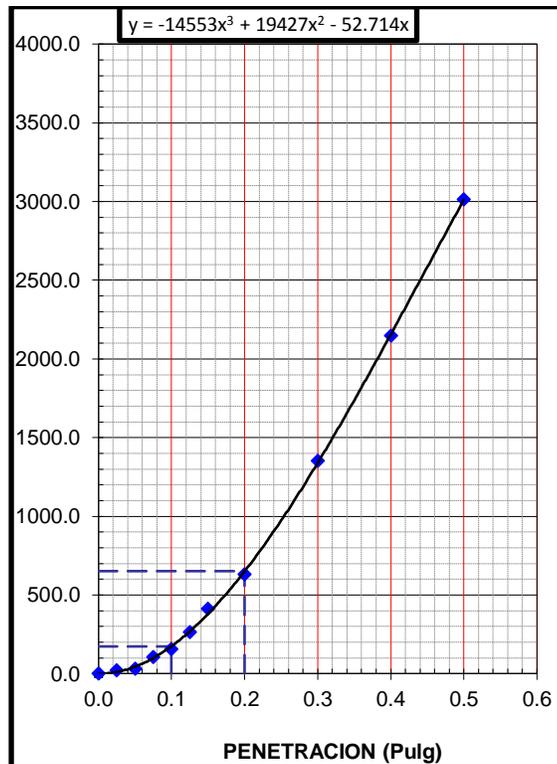


Figura 54: EC = 25 golpes (65% - 35%)

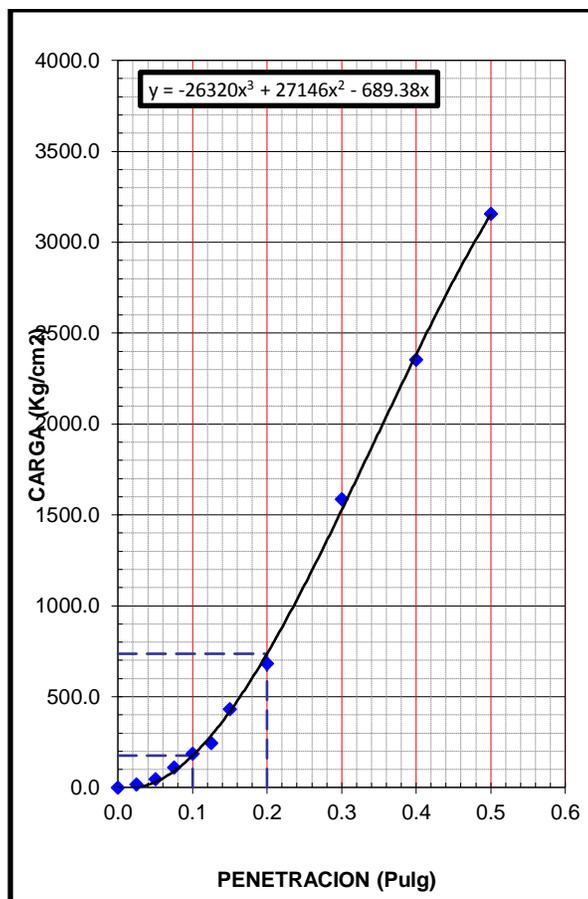


Figura 55: EC = 56 golpes (65% - 35%)

**RESULTADOS:**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	<b>40,1</b>	0.2":	<b>52,8</b>
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	<b>35,0</b>	0.2":	<b>46,4</b>

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el mecanismo de la prensa, tratando de mantener una velocidad uniforme de 1.27.mm por minuto. En este al contar con una prensa manual que no cuenta con una velocidad automática, se contrala mediante el deforma miento de penetración (Dial) y un cronometro. Trabajando de esta manera con las lecturas de carga para cada penetración, a través de este procedimiento se encuentra que el CBR de 65%-35% presenta un considerable descenso en comparación a la muestra de 70%-30%.

#### 4.1.9. ANÁLISIS DE COMBINACIÓN 60% GRAVA – 40% LIGANTE

La proporción usada para trabajar las combinaciones entre grava y material ligante se hizo por porcentajes dando 60% de grava y 40% de material ligante.

#### Granulometría

En la tabla 37 se observan los resultados en la determinación de los porcentajes de mezcla que pasan por los diferentes tamices en una muestra de 3000 gramos.

Tabla 37: Análisis granulométrico por tamizado, mezcla 60% - 40%

Tamiz ASTM	Abertura ( mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	349.0	11.6	11.6	88.4
3/4"	19.050	211.0	7.0	18.7	81.3
1/2"	12.700	383.0	12.8	31.4	68.6
3/8"	9.525	255.0	8.5	39.9	60.1
1/4"	6.350				
No. 4	4.760	465.0	15.5	55.4	44.6
No. 8	2.360	447.0	14.9	70.3	29.7
No. 10	2.000	231.0	7.7	78.0	22.0
No. 16	1.190	117.0	3.9	81.9	18.1
No 20	0.834				
No 30	0.600	165.0	5.5	87.4	12.6
No. 40	0.420	134.0	4.5	91.9	8.1
No. 50	0.300	118.0	3.9	95.8	4.2
No. 60	0.250				
No. 80	0.177				
No. 100	0.149	83.0	2.8	98.6	1.4
No. 200	0.075	33.0	1.1	99.7	0.3
< No. 200		9.0	0.3	100.0	

En la figura 56 se observa la curva granulométrica resultado de los porcentajes retenidos en cada uno de los tamices empleados en el ensayo, con un porcentaje equilibrado entre material grueso y fino.

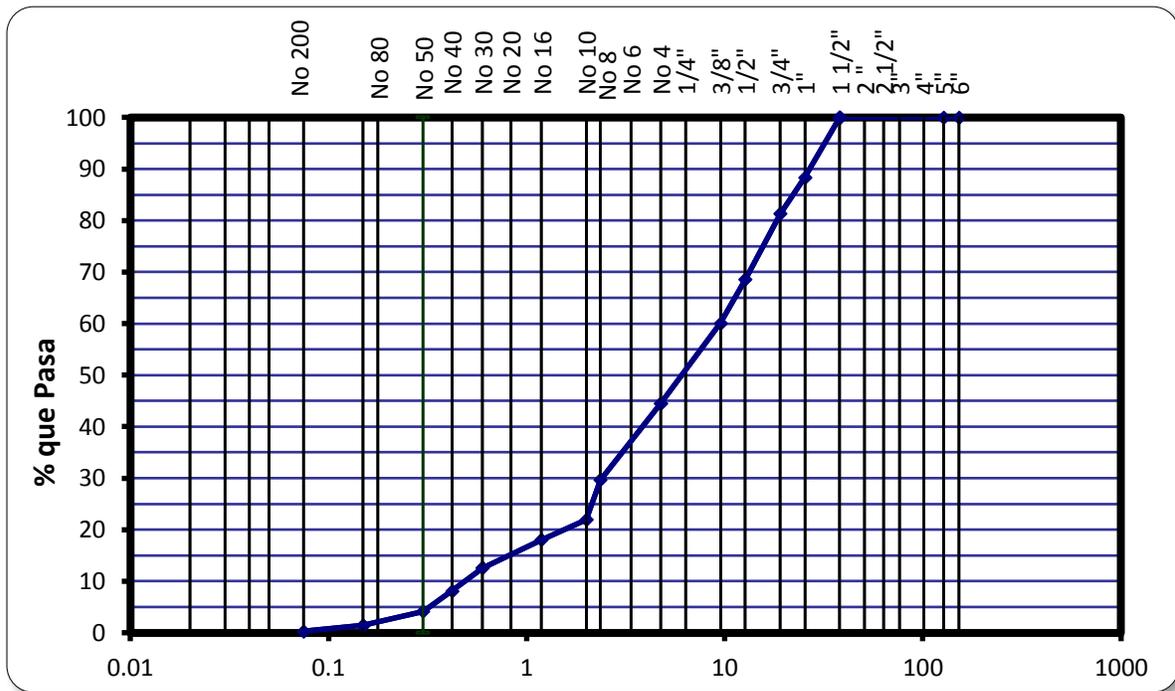


Figura 56: Curva granulométrica del agregado 60% - 40%

### Límites de consistencia

En la tabla 38 se tiene las gráficas de límites de consistencia, donde se obtiene que la combinación de 60% de Grava y 40% de material ligante presenta un límite plástico y un límite líquido, que progresivamente fue subiendo al añadir más material fino a la mezcla a analizar. De lo experimentado también podemos decir que ya es notoria una consistencia más trabajable.

Es importante resaltar que los porcentajes de finos van en un aumento gradual en relación a la combinación trabajada.

Tabla 38: Limite líquido y plástico del agregado 60% - 40%

	<b>LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111)</b>		<b>HUM. NAT. (MTC E 108)</b>
Capsula Nro	<b>10</b>	<b>35</b>	<b>14</b>
Peso de la Capsula (g)	4.65	4.46	284.2
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	<b>9.46</b>	<b>9.34</b>	<b>2138</b>
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	<b>8.75</b>	<b>8.67</b>	<b>2078</b>
Peso del Agua (g)	0.71	0.67	60
Peso del Suelo Seco (g)	4.10	4.21	1794
Contenido de Humedad (%)	17.32	15.91	3.34
<b>PROMEDIO</b>	<b>16.62</b>		<b>3.34</b>
	<b>LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)</b>		
Capsula Nro	<b>33</b>	<b>9</b>	<b>37</b>
Peso de la Capsula (g)	38	49.5	38.1
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	62.40	87.10	74.00
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	57.60	79.9	67.30
Numero de Golpes	<b>12</b>	<b>23</b>	<b>31</b>
Peso del agua (g)	4.8	7.20	6.70
Peso del Suelo Seco (g)	19.6	30.4	29.20
Contenido de Humedad (%)	<b>24.49</b>	<b>23.68</b>	<b>22.95</b>

En la figura 57 se observa una correcta aplicación de la metodología del multipunto para obtener la humedad de la muestra a 25 golpes, obteniendo de esta manera un valor de 23.4 % de limite líquido.

De esta misma forma podemos decir que el agregado 60% de Grava – 40% de material ligante presenta un índice de plasticidad de 6.8.

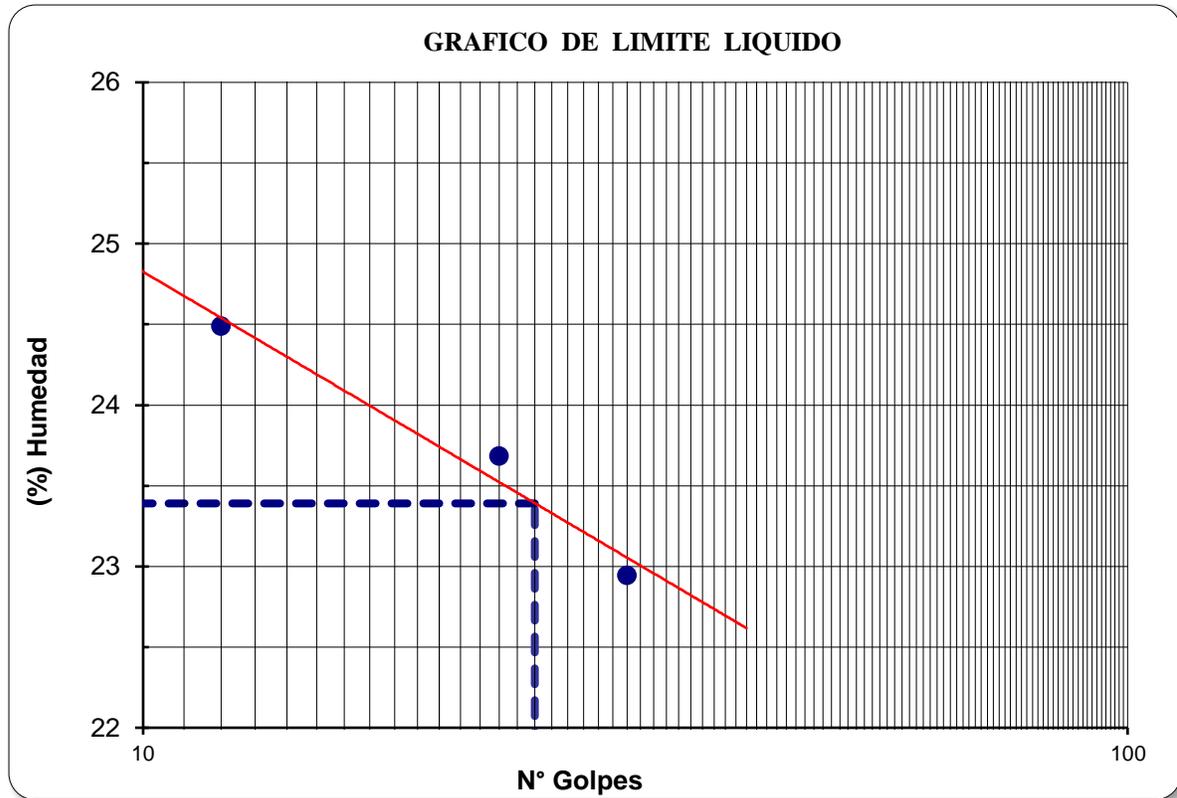


Figura 57: Limite liquido agregado 60% - 40%

**LIMITE LIQUIDO : 23.4      LIMITE PLÁSTICO : 16.6      IND. PLASTICIDAD 6.8**

### Compactación de suelos usando energía modificada

Este ensayo para la mezcla de 60% de grava y 40% de material ligante, abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos que son compactados en un molde de 6 pulgadas de diámetro mediante un pisón que ejerce 44.5 N de fuerza, dejándolo caer de una altura de 18 pulgadas, produciendo de esta manera una energía de compactación de 56000 lb-pie/pie<sup>3</sup>. Se proporcionan 3 métodos alternativos definidos por el análisis granulométrico, por lo que en este caso será

aplicado el método C, al retener por el Tamiz 3/8” > 20% y al retener en el tamiz 3/4” < 30 %, trabajando de esta forma con material pasante de Tamiz 3/4”, a 5 capas con 56 golpes en cada una.

En la tabla 39 se observa los datos obtenidos a través del ensayo de Proctor por el método C, determinado por la granulometría de la muestra. La preparación de muestras para este ensayo se realiza por el método de cuarteo de esta forma tomar una muestra representativa.

Tabla 39: Ensayo de Proctor por método C – mezcla 60% - 40%

<b>Método de compactación</b>					<b>C</b>
<b>Numero de golpes</b>					<b>56</b>
<b>Numero de capas</b>					<b>5</b>
<b>CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA</b>					
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1. Peso suelo húmedo. + molde	g	10986	11357	11278	11252
2. Peso del molde	g	6485	6485	6485	6485
3. Volumen del molde	cc	2037	2037	2037	2037
4. Peso suelo húmedo	g	4501	4872	4793	4767
<b>5. Densidad suelo húmedo</b>	g/cc	<b>2.210</b>	<b>2.392</b>	<b>2.353</b>	<b>2.340</b>
<b>CALCULO DE HUMEDAD</b>					
6. Capsula N°		T-01	R	T	Z
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	352.0	356.0	418.0	451.0
8. Peso del suelo seco + capsula	g	336.0	336.0	377.0	409.0
9. Peso del agua	g	16.0	20.0	41.0	42.0
10. Peso de la capsula	g	50.0	51.0	50.0	50.0
11. Peso del suelo seco	g	286.0	285.0	327.0	359.0
12. Contenido de humedad	%	5.59	7.02	12.54	11.70
<b>13. Promedio de cont. de humedad</b>	%	<b>5.6</b>	<b>7.0</b>	<b>12.5</b>	<b>11.7</b>
<b>CALCULO DE DENSIDAD SECA</b>					
<b>14. Densidad seca del suelo</b>	g/cc	<b>2.093</b>	<b>2.235</b>	<b>2.091</b>	<b>2.095</b>

En la figura 58 observamos la curva de densidad seca donde están graficados los 4 puntos trabajados a diferentes porcentajes de contenido de humedad, esta forma obtenemos una humedad óptima de la muestra y una densidad máxima.

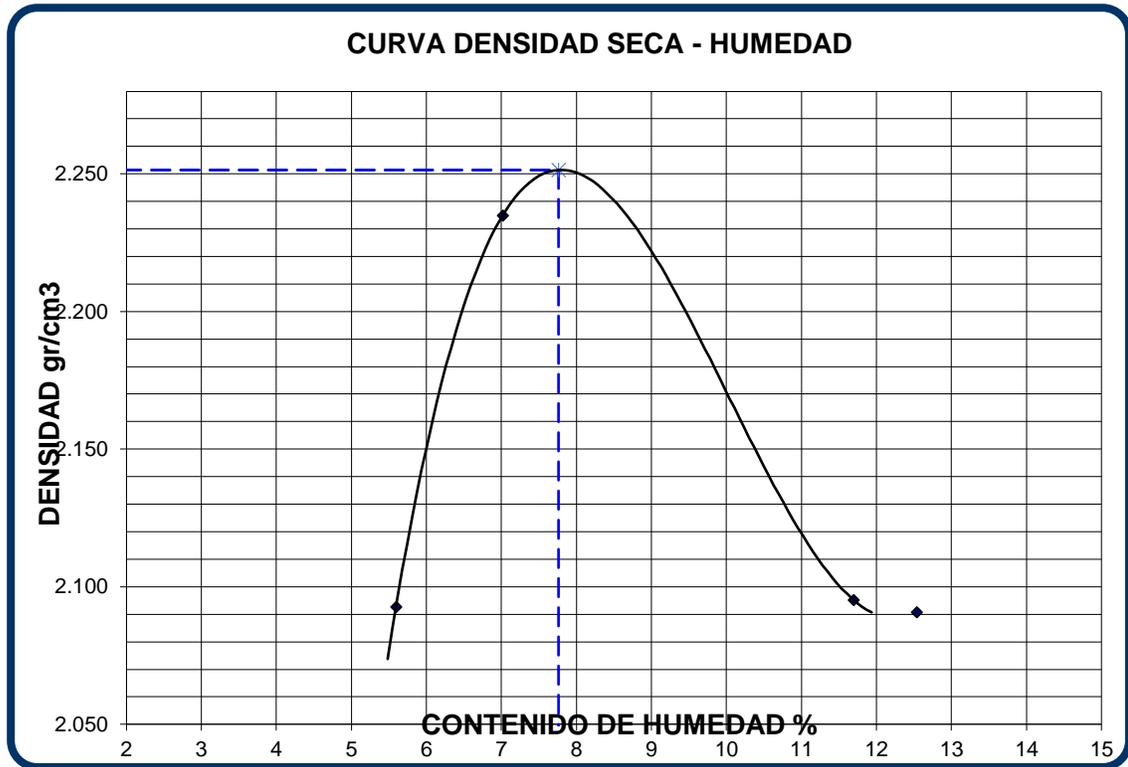


Figura 58: Gráfica de curva de densidad seca, agregado 60% - 40%

RESULTADOS	
Humedad optima (%)	7,8
Densidad Maxima (g/cm <sup>3</sup> )	2,251

### Relación de soporte de california(CBR)

En este ensayo se pretende determinar la relación de soporte de California de un suelo de la grava 60% – 40% sometiéndola a esfuerzos cortantes, además de evaluar su calidad relativa para su uso en pavimento a nivel de afirmado.

Una vez determinada la humedad óptima mediante el ensayo de Proctor (7.8%) y la densidad máxima (2.251 g/cm<sup>3</sup>). Se procede a compactar la muestra en su interior, aplicando los golpes normados por cada molde preparado. Teniendo de esta manera tres muestras a 10, 25 y 56 golpes.

En la tabla 40 se observa los datos de CBR, analizados en tres muestras trabajadas a 56 golpes, 25 golpes y 10 golpes. Tenemos también que la muestra de 60% - 40% no presento expansión y se presentan los datos de penetración que se analizaran en comparación a las demás combinaciones de mezcla.

Tabla 40: Datos CBR, agregado 60% – 40%

Molde N°	25		32		15	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (g)	9438		9172		9161	
Peso de molde (g)	4514		4512		4476	
Peso del suelo húmedo (g)	4924		4660		4685	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2134		2134		2134	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.307		2.183		2.195	
Humedad (%)	7.10		7.30		7.67	
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.154</b>		<b>2.034</b>		<b>2.039</b>	
Tarro N°	<b>56</b>		<b>25</b>		<b>10</b>	
Tarro + Suelo húmedo (g)	829.50		894.60		963.80	
Tarro + Suelo seco (g)	778.60		839.80		901.50	
Peso del Agua (g)	50.90		54.80		62.30	
Peso del tarro (g)	61.50		89.20		89.50	
Peso del suelo seco (g)	717.10		750.60		812.00	
<b>Humedad (%)</b>	<b>7.10</b>		<b>7.30</b>		<b>7.67</b>	

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%

**NO EXPANSIVO**

PENETRACION													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 25				MOLDE N° 32				MOLDE N° 15			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/c m <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/c m <sup>2</sup>	kg/c m <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/c m <sup>2</sup>	kg/c m <sup>2</sup>	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		0.64	19			0.64	23			0.64	16		
0.050		1.27	51			1.27	29			1.27	27		
0.075		1.91	125			1.91	114			1.91	63		
0.100	70.3	2.54	175	470. 00	34.6	2.54	162	400. 00	29.5	2.54	134	360. 00	26.5
0.125		3.18	254			3.18	261			3.18	197		
0.150		3.81	394			3.81	352			3.81	342		
0.200	105.0	5.08	613	930. 00	45.9	5.08	592	800. 00	39.5	5.08	598	710. 00	35.0
0.300		7.62	1458			7.62	1231			7.62	1154		
0.400		10.16	2157			10.16	2015			10.16	1856		
0.500		12.70	3057			12.70	2987			12.70	2762		

En la figura 59 se observa la gráfica de penetración, presentando el CBR en porcentaje y la densidad seca (gr/cc) obtenido de la muestra de 60% de grava y 40% ligante.

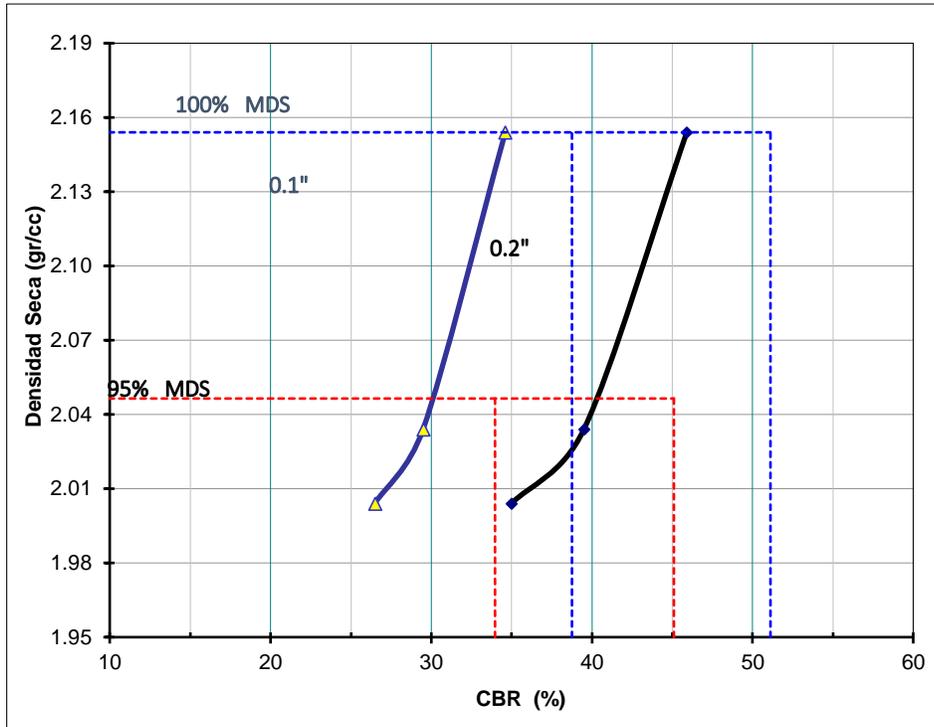


Figura 59: Gráfico de penetración del CBR

En las figuras 60, 61 y 62 se tiene la resistencia a la penetración en pulgadas por carga en kg/cm<sup>2</sup>, en cada muestra trabajada a 10, 25 y 56 golpes. El valor de relación de soporte (CBR) se presenta al 100% y al 95% de su máxima densidad seca, teniendo valores de penetración a 1" y a 2".

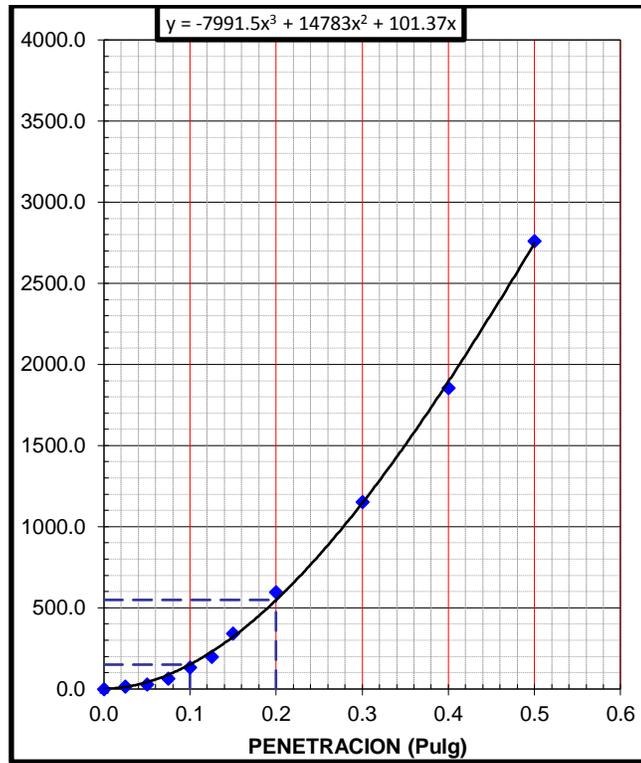


Figura 60: EC = 10 golpes (60% - 40%)

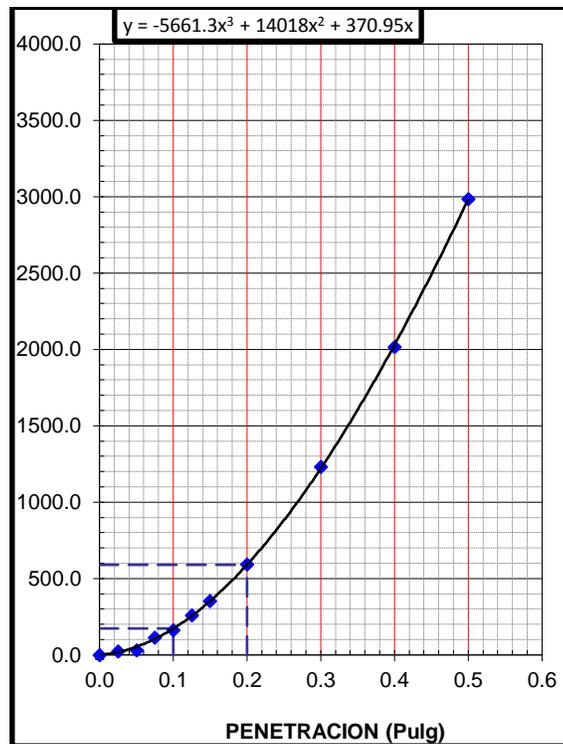


Figura 61: EC = 25 golpes (60% - 40%)

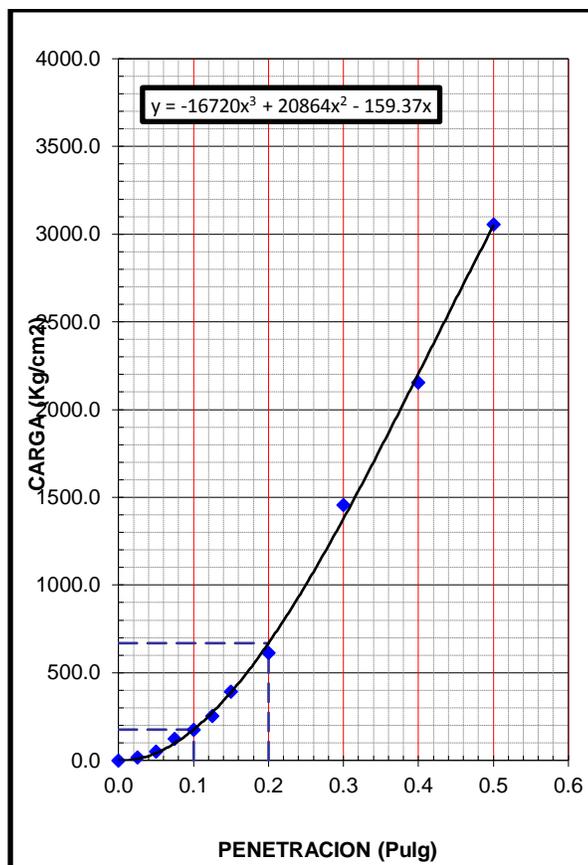


Figura 62: EC = 56 golpes (60% - 40%)

**RESULTADOS:**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	<b>38.7</b>	0.2":	<b>51.1</b>
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	<b>34.0</b>	0.2":	<b>45.1</b>

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el mecanismo de la prensa, tratando de mantener una velocidad uniforme de 1.27.mm por minuto. En este al contar con una prensa manual que no cuenta con una velocidad automática, se contrala mediante el deforma miento de penetración (Dial) y un cronometro. Trabajando de esta manera con las lecturas de carga para cada penetración, a través de este procedimiento se encuentra que el CBR de 60%-40% presenta un considerable descenso en comparación a la muestra de 65%-35%.

#### 4.1.10. ANÁLISIS DE COMBINACIÓN 55% GRAVA – 45% LIGANTE

La proporción usada para trabajar las combinaciones entre grava y material ligante se hizo por porcentajes dando 55% de grava y 45% de material ligante.

#### Granulometría

En la tabla 41 se observan los resultados en la determinación de los porcentajes de mezcla que pasan por los diferentes tamices en una muestra de 3000 gramos.

Tabla 41: Análisis granulométrico por tamizado, mezcla 55% - 45%

Tamiz ASTM	Abertura ( mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101,600				
3"	76,200				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				
1 1/2"	38,100				100,0
1"	25,400	359,0	12,0	12,0	88,0
3/4"	19,050	204,0	6,8	18,8	81,2
1/2"	12,700	362,0	12,1	30,8	69,2
3/8"	9,525	238,0	7,9	38,8	61,2
1/4"	6,350				
No. 4	4,760	408,0	13,6	52,4	47,6
No. 8	2,360	449,0	15,0	67,3	32,7
No. 10	2,000	257,0	8,6	75,9	24,1
No. 16	1,190	198,0	6,6	82,5	17,5
No 20	0,834				
No 30	0,600	165,0	5,5	88,0	12,0
No. 40	0,420	134,0	4,5	92,5	7,5
No. 50	0,300	111,0	3,7	96,2	3,8
No. 60	0,250				
No. 80	0,177				
No. 100	0,149	73,0	2,4	98,6	1,4
No. 200	0,075	33,0	1,1	99,7	0,3
< No. 200		9,0	0,3	100,0	

En la figura 63 se observa la curva granulométrica resultado de los porcentajes retenidos en cada uno de los tamices empleados en el ensayo, con un porcentaje mayor de material fino.

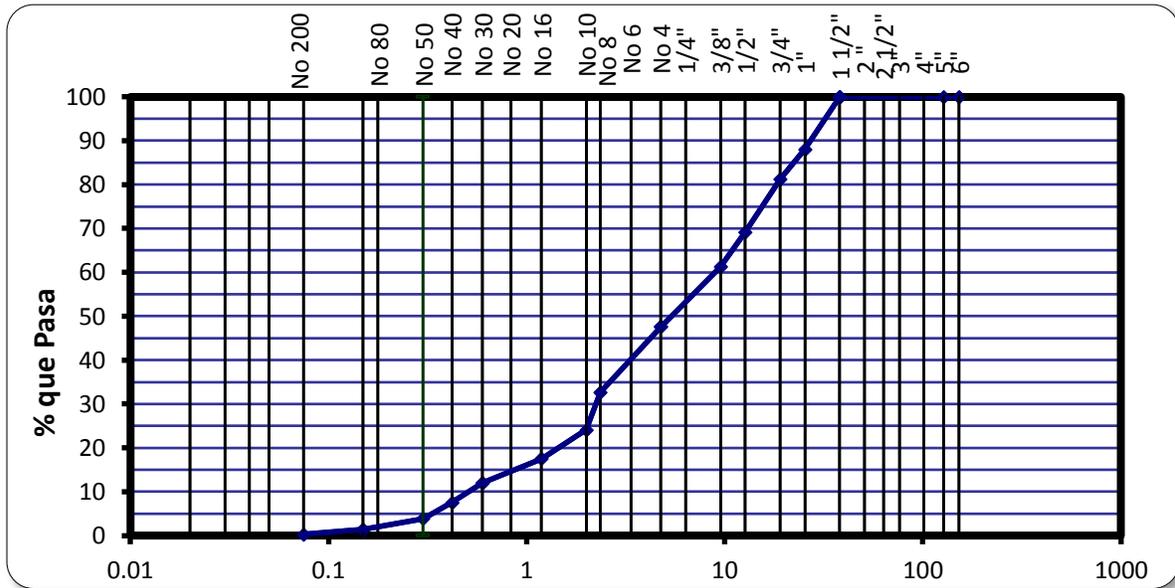


Figura 63: Curva granulométrica del agregado 55% -45%

### Límites de consistencia

En la tabla 42 se tiene las gráficas de límites de consistencia, donde se obtiene que la combinación de 55% de Grava y 45% de material ligante presenta un límite plástico y un límite líquido, que progresivamente fue subiendo al añadir más material fino a la mezcla a analizar. De lo experimentado también podemos decir que ya es notoria una consistencia más trabajable.

Es importante resaltar que los porcentajes de finos van en un aumento gradual en relación a la combinación trabajada.

Tabla 42: Limite líquido y plástico del agregado 55% - 45%

	<b>LIMITE PLASTICO (MTC E 111)</b>		<b>HUM. NAT. (MTC E 108)</b>
Capsula Nro	<b>10</b>	<b>35</b>	<b>14</b>
Peso de la Capsula (g)	4,65	4,46	284,2
Peso de la Capsula+Suelo Húmedo (g)	<b>9,44</b>	<b>9,33</b>	<b>2138</b>
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	<b>8,76</b>	<b>8,69</b>	<b>2078</b>
Peso del Agua (g)	0,68	0,64	60
Peso del Suelo Seco (g)	4,11	4,23	1794
Contenido de Humedad (%)	16,55	15,13	3,34
<b>PROMEDIO</b>	<b>15,84</b>		<b>3,34</b>
	<b>LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)</b>		
Capsula Nro	<b>33</b>	<b>9</b>	<b>37</b>
Peso de la Capsula (g)	38	38	38,1
Peso de la Capsula+ Suelo Húmedo (g)	61,40	93,40	74,50
Peso de la Capsula+ Suelo Seco (g)	56,80	82,9	67,80
Numero de Golpes	<b>16</b>	<b>27</b>	<b>34</b>
Peso del agua (g)	4,6	10,50	6,70
Peso del Suelo Seco (g)	18,8	44,9	29,70
Contenido de Humedad (%)	<b>24,47</b>	<b>23,39</b>	<b>22,56</b>

En la figura 64 se observa una correcta aplicación de la metodología del multipunto para obtener la humedad de la muestra a 25 golpes, obteniendo de esta manera un valor de 23.4 % de limite líquido.

De esta misma forma podemos decir que el agregado 55% de Grava – 45% de material ligante presenta un índice de plasticidad de 7.6.

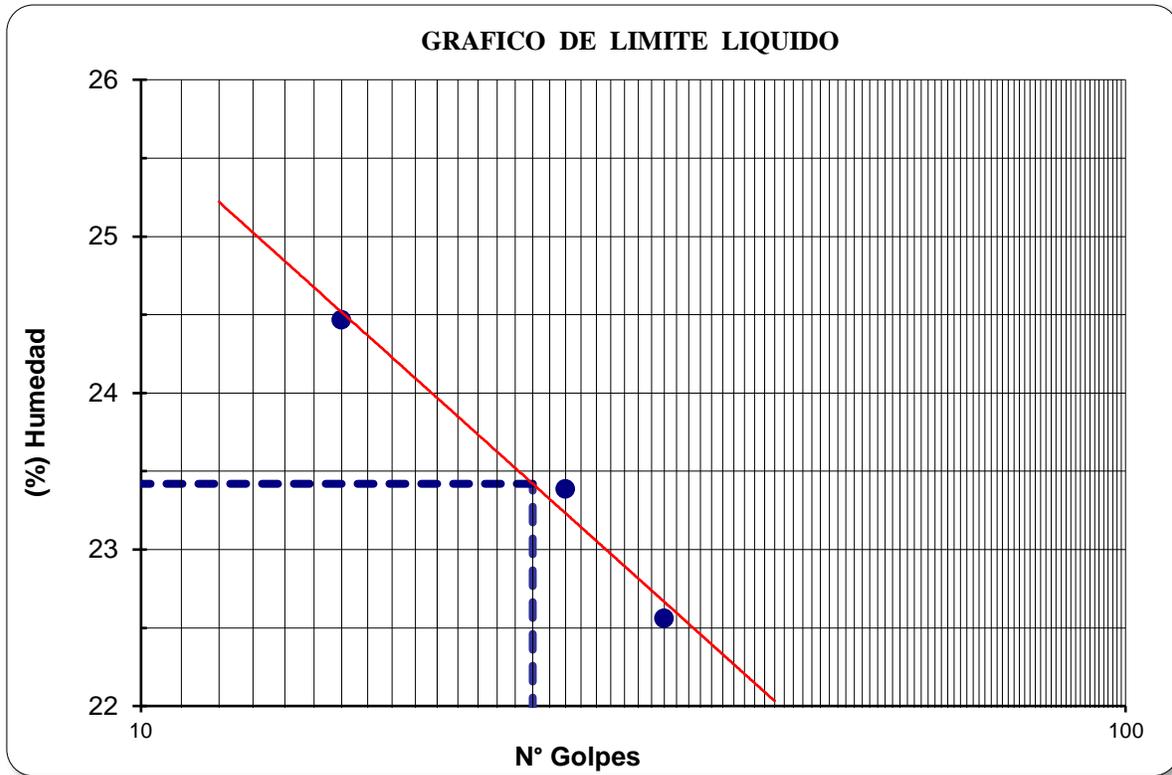


Figura 64: Limite liquido agregado 55% - 45%

**LIMITE LIQUIDO : 23.4      LIMITE PLÁSTICO : 15.8      IND. PLASTICIDAD : 7.6**

### Compactación de suelos usando energía modificada

Este ensayo para la mezcla de 55% de grava y 45% de material ligante, abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos que son compactados en un molde de 6 pulgadas de diámetro mediante un pisón que ejerce 44.5 N de fuerza, dejándolo caer de una altura de 18 pulgadas, produciendo de esta manera una energía de compactación de 56000 lb-pie/pie<sup>3</sup>.

Se proporcionan 3 métodos alternativos definidos por el análisis granulométrico, por lo que en este caso será aplicado el método C, al retener por el Tamiz 3/8” > 20% y al retener en el tamiz 3/4” < 30 %, trabajando de esta forma con material pasante de Tamiz 3/4”, a 5 capas con 56 golpes en cada una.

En la tabla 43 se observa los datos obtenidos a través del ensayo de Proctor por el método C, determinado por la granulometría de la muestra. La preparación de muestras para este ensayo se realiza por el método de cuarteo de esta forma tomar una muestra representativa.

Tabla 43: Ensayo de Proctor por método C – mezcla 55% - 45%

<b>Método de compactación</b>					<b>C</b>
<b>Numero de golpes</b>					<b>56</b>
<b>Numero de capas</b>					<b>5</b>
<b>CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1. Peso suelo húmedo. + molde	g	10974	11345	11266	11240
2. Peso del molde	g	6485	6485	6485	6485
3. Volumen del molde	cc	2037	2037	2037	2037
4. Peso suelo húmedo	g	4489	4860	4781	4755
<b>5. Densidad suelo húmedo</b>	g/cc	<b>2,204</b>	<b>2,386</b>	<b>2,347</b>	<b>2,334</b>
<b>CALCULO DE HUMEDAD</b>					
6. Capsula N°		T-01	R	T	Z
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	352,0	356,0	416,0	453,0
8. Peso del suelo seco + capsula	g	336,0	337,0	375,0	411,0
9. Peso del agua	g	16,0	19,0	41,0	42,0
10. Peso de la capsula	g	50,0	51,0	50,0	50,0
11. Peso del suelo seco	g	286,0	286,0	325,0	361,0
12. Contenido de humedad	%	5,59	6,64	12,62	11,63
<b>13. Promedio de cont. de humedad</b>	%	<b>5,6</b>	<b>6,6</b>	<b>12,6</b>	<b>11,6</b>
<b>CALCULO DE DENSIDAD SECA</b>					
<b>14. Densidad seca del suelo</b>	g/cc	<b>2,087</b>	<b>2,237</b>	<b>2,084</b>	<b>2,091</b>

En la figura 65 observamos la curva de densidad seca donde están graficados los 4 puntos trabajados a diferentes porcentajes de contenido de humedad, esta forma obtenemos una humedad óptima de la muestra y una densidad máxima.

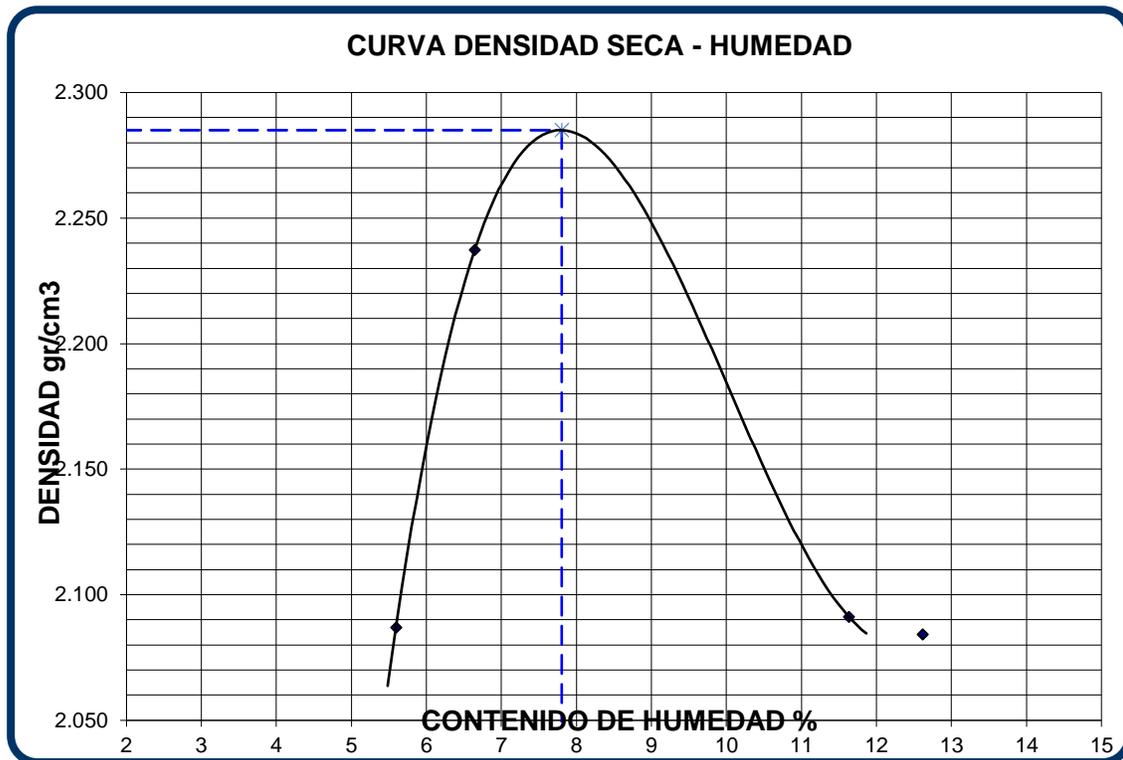


Figura 65: Gráfica de curva de densidad seca, agregado 55% - 45%

RESULTADOS	
Humedad optima (%)	7,8
Densidad Maxima (g/cm <sup>3</sup> )	2,285

### Relación de soporte de califonia(CBR)

En este ensayo se pretende determinar la relación de soporte de California de un suelo de la grava 55% – 45% sometiéndola a esfuerzos cortantes, además de evaluar su calidad relativa para su uso en pavimento a nivel de afirmado.

Una vez determinada la humedad óptima mediante el ensayo de Proctor (7.8%) y la densidad máxima (2.285 g/cm<sup>3</sup>). Se procede a compactar la muestra en su interior, aplicando los golpes normados por cada molde preparado. Teniendo de esta manera tres muestras a 10, 25 y 56 golpes.

En la tabla 44 se observa los datos de CBR, analizados en tres muestras trabajadas a 56 golpes, 25 golpes y 10 golpes. Tenemos también que la muestra de 55% - 45% no presento expansión y se presentan los datos de penetración que se analizaran en comparación a las demás combinaciones de mezcla.

Tabla 44: Datos CBR, agregado 55% – 45%

Molde N°	25		32		15	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (g)	9453		9178		9164	
Peso de molde (g)	4514		4512		4476	
Peso del suelo húmedo (g)	4939		4666		4688	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2134		2134		2134	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2,314		2,186		2,196	
Humedad (%)	6,06		8,41		7,36	
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2,182</b>		<b>2,016</b>		<b>2,045</b>	
Tarro N°	<b>56</b>		<b>25</b>		<b>10</b>	
Tarro + Suelo húmedo (g)	812,50		901,60		961,90	
Tarro + Suelo seco (g)	771,20		838,60		902,10	
Peso del Agua (g)	41,30		63,00		59,80	
Peso del tarro (g)	89,20		89,20		89,50	
Peso del suelo seco (g)	682,00		749,40		812,60	
<b>Humedad (%)</b>	<b>6,06</b>		<b>8,41</b>		<b>7,36</b>	

EXPANSION												
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		
				mm	%		mm	%		mm	%	
				<b>NO EXPANSIVO</b>								

PENETRACION													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 25				MOLDE N° 32				MOLDE N° 15			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/c m <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/c m <sup>2</sup>	kg/c m <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/c m <sup>2</sup>	kg/c m <sup>2</sup>	%
0,000		0	0			0	0			0	0		
0,025		0,64	17			0,64	21			0,64	16		
0,050		1,27	49			1,27	38			1,27	24		
0,075		1,91	115			1,91	98			1,91	86		
0,100	70,3	2,54	168	470,00	34,6	2,54	154	400,00	29,5	2,54	132	360,00	26,5
0,125		3,18	247			3,18	235			3,18	178		
0,150		3,81	385			3,81	314			3,81	297		
0,200	105,0	5,08	514	930,00	45,9	5,08	504	800,00	39,5	5,08	495	710,00	35,0
0,300		7,62	1398			7,62	1057			7,62	989		
0,400		10,16	2085			10,16	1975			10,16	1798		
0,500		12,70	2874			12,70	1654			12,70	1547		

En la figura 66 se observa la gráfica de penetración, presentando el CBR en porcentaje y la densidad seca (gr/cc) obtenido de la muestra de 55% de grava y 45% ligante.

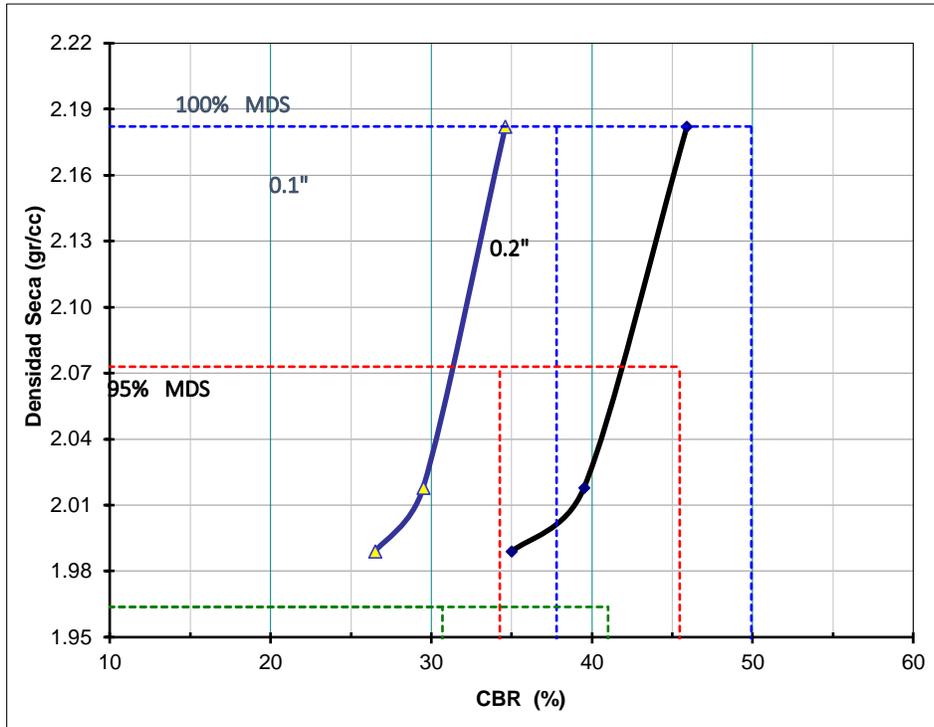


Figura 66: Gráfico de penetración del CBR

En las figuras 67, 68 y 69 se tiene la resistencia a la penetración en pulgadas por carga en kg/cm<sup>2</sup>, en cada muestra trabajada a 10, 25 y 56 golpes. El valor de relación de soporte (CBR) se presenta al 100% y al 95% de su máxima densidad seca, teniendo valores de penetración a 1" y a 2".

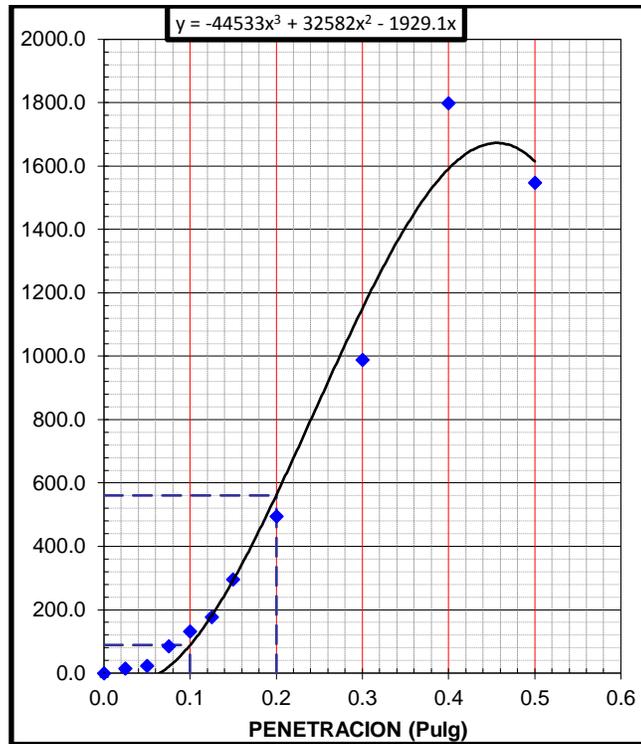


Figura 67: EC = 10 golpes (55% - 45%)

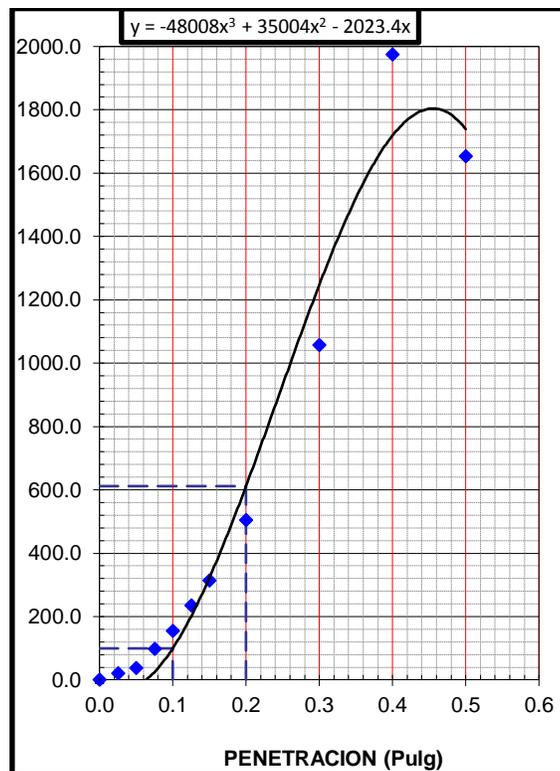


Figura 68: EC = 25 golpes (55% - 45%)

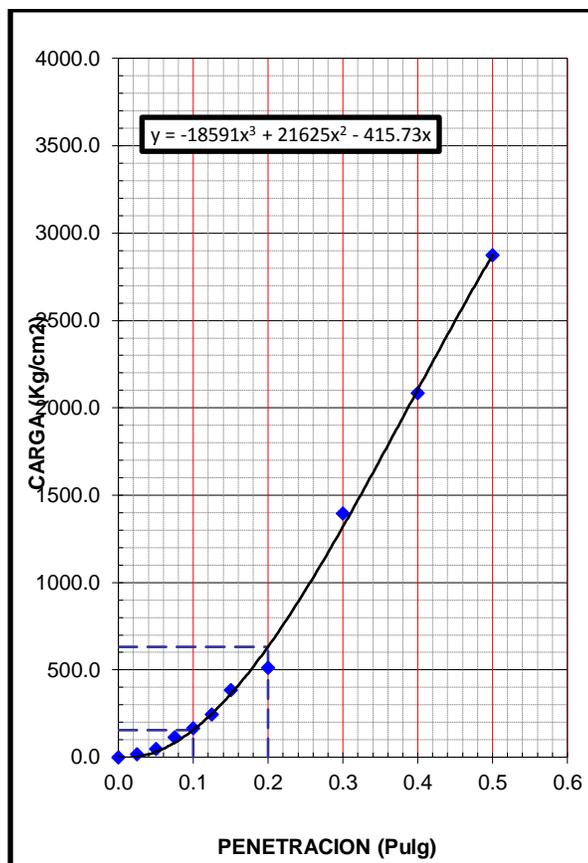


Figura 69: EC = 56 golpes (55% - 45%)

**RESULTADOS:**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	<b>37,8</b>	0.2":	<b>49,9</b>
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	<b>34,3</b>	0.2":	<b>45,5</b>

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el mecanismo de la prensa, tratando de mantener una velocidad uniforme de 1.27.mm por minuto. En este al contar con una prensa manual que no cuenta con una velocidad automática, se contrala mediante el deforma miento de penetración (Dial) y un cronometro. Trabajando de esta manera con las lecturas de carga para cada penetración, a través de este procedimiento se encuentra que el CBR de 55%-45% presenta un considerable descenso en comparación a la muestra de 60%-40%.

#### 4.1.11. ANÁLISIS DE COMBINACIÓN 50% GRAVA – 50% LIGANTE

La proporción usada para trabajar las combinaciones entre grava y material ligante se hizo por porcentajes dando 50% de grava y 50% de material ligante.

##### Granulometría

En la tabla 45 se observan los resultados en la determinación de los porcentajes de mezcla que pasan por los diferentes tamices en una muestra de 3000 gramos.

Tabla 45: Análisis granulométrico por tamizado, mezcla 50% - 50%

Tamiz ASTM	Abertura ( mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101,600				
3"	76,200				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				
1 1/2"	38,100				100,0
1"	25,400	327,0	10,9	10,9	89,1
3/4"	19,050	184,0	6,1	17,0	83,0
1/2"	12,700	342,0	11,4	28,4	71,6
3/8"	9,525	128,0	4,3	32,7	67,3
1/4"	6,350				
No. 4	4,760	418,0	13,9	46,6	53,4
No. 8	2,360	462,0	15,4	62,0	38,0
No. 10	2,000	324,0	10,8	72,8	27,2
No. 16	1,190	208,0	6,9	79,8	20,2
No 20	0,834				
No 30	0,600	208,0	6,9	86,7	13,3
No. 40	0,420	157,0	5,2	91,9	8,1
No. 50	0,300	131,0	4,4	96,3	3,7
No. 60	0,250				
No. 80	0,177				
No. 100	0,149	71,0	2,4	98,7	1,3
No. 200	0,075	29,0	1,0	99,6	0,4
< No. 200		11,0	0,4	100,0	

En la figura 70 se observa la curva granulométrica resultado de los porcentajes retenidos en cada uno de los tamices empleados en el ensayo, con un porcentaje elevado de material fino.

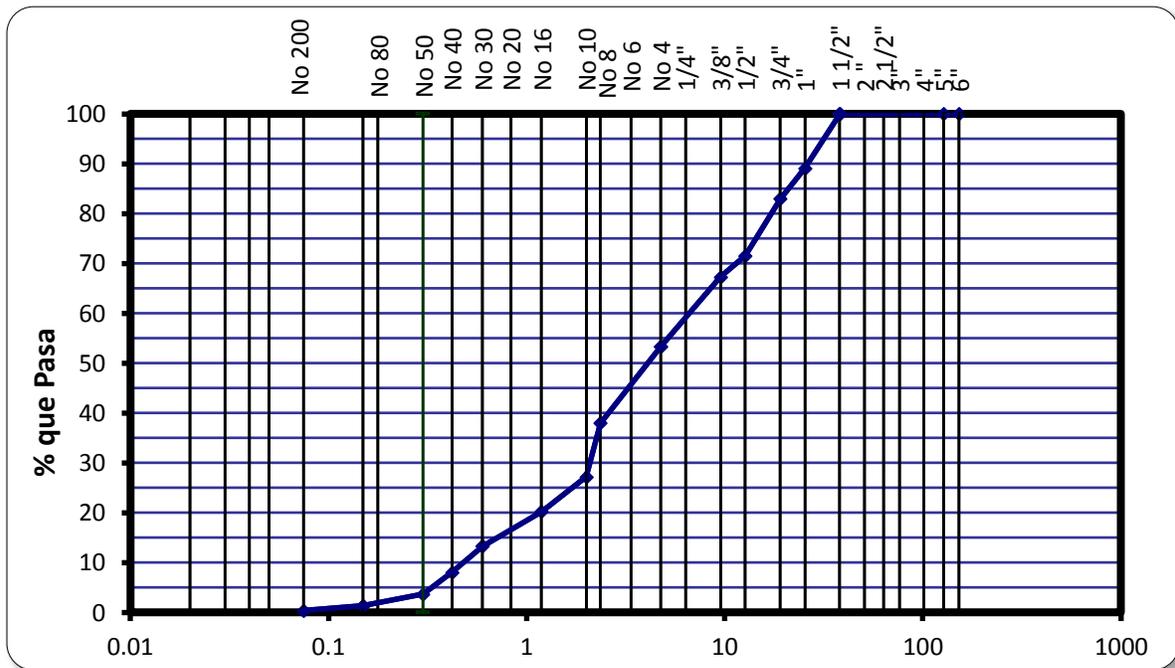


Figura 70: Curva granulométrica del agregado 50% -50%

### Límites de consistencia

En la tabla 46 se tiene las gráficas de límites de consistencia, donde se obtiene que la combinación de 50% de Grava y 50% de material ligante presenta un límite plástico y un límite líquido, que progresivamente fue subiendo al añadir más material fino a la mezcla a analizar. De lo experimentado también podemos decir que ya es notoria una consistencia más trabajable.

Es importante resaltar que los porcentajes de finos van en un aumento gradual en relación a la combinación trabajada.

Tabla 46: Limite líquido y plástico del agregado 50% - 50%

	<b>LIMITE PLASTICO (MTC E 111)</b>		<b>HUM. NAT. (MTC E 108)</b>
Capsula Nro	<b>10</b>	<b>35</b>	<b>14</b>
Peso de la Capsula (g)	4,65	4,46	284,2
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	<b>9,41</b>	<b>9,43</b>	<b>2138</b>
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	<b>8,79</b>	<b>8,69</b>	<b>2078</b>
Peso del Agua (g)	0,62	0,74	60
Peso del Suelo Seco (g)	4,14	4,23	1794
Contenido de Humedad (%)	14,98	17,49	3,34
<b>PROMEDIO</b>	<b>16,23</b>		<b>3,34</b>
	<b>LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)</b>		
Capsula Nro	<b>33</b>	<b>9</b>	<b>37</b>
Peso de la Capsula (g)	38	38	38,1
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	56,40	93,10	72,10
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	52,80	82,7	65,80
Numero de Golpes	<b>19</b>	<b>28</b>	<b>32</b>
Peso del agua (g)	3,6	10,40	6,30
Peso del Suelo Seco (g)	14,8	44,7	27,70
Contenido de Humedad (%)	<b>24,32</b>	<b>23,27</b>	<b>22,74</b>

En la figura 71 se observa una correcta aplicación de la metodología del multipunto para obtener la humedad de la muestra a 25 golpes, obteniendo de esta manera un valor de 23.5 % de limite líquido.

De esta misma forma podemos decir que el agregado 50% de Grava – 50% de material ligante presenta un índice de plasticidad de 7.3.

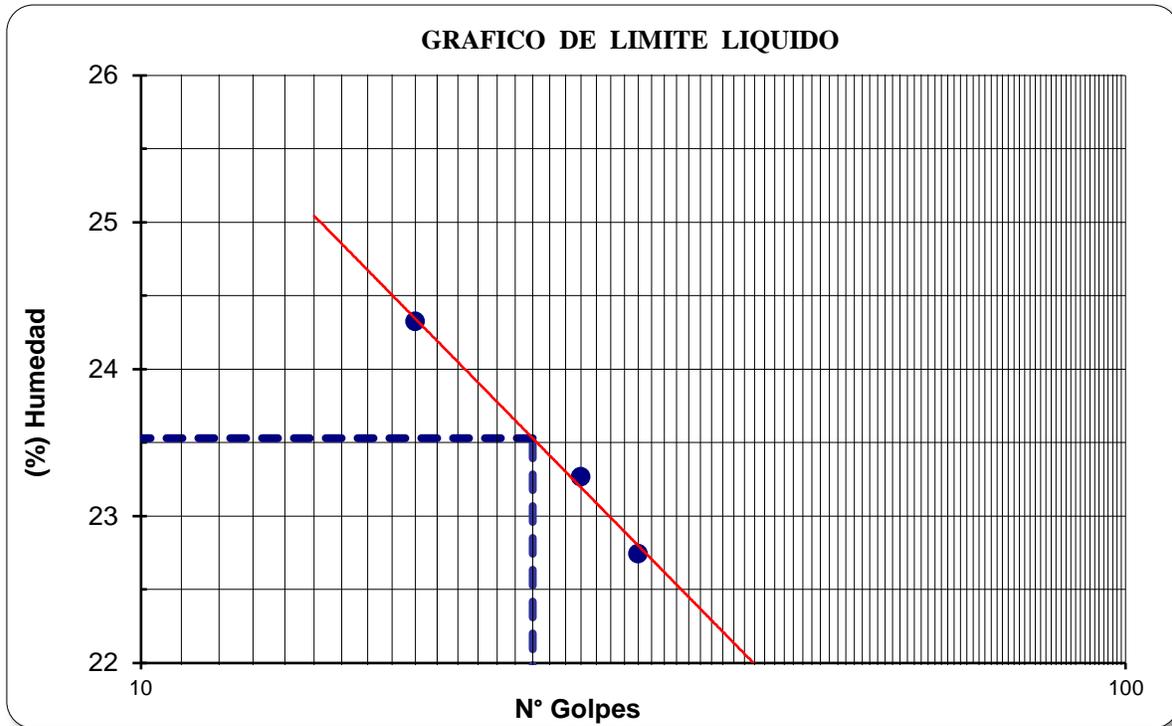


Figura 71: Limite liquido agregado 50% - 50%

**LIMITE LIQUIDO : 23.5      LIMITE PLÁSTICO : 16.2      IND. PLASTICIDAD : 7.3**

### Compactación de suelos usando energía modificada

Este ensayo para la mezcla de 50% de grava y 50% de material ligante, abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos que son compactados en un molde de 6 pulgadas de diámetro mediante un pisón que ejerce 44.5 N de fuerza, dejándolo caer de una altura de 18 pulgadas, produciendo de esta manera una energía de compactación de 56000 lb-pie/pie<sup>3</sup>.

Se proporcionan 3 métodos alternativos definidos por el análisis granulométrico, por lo que en este caso será aplicado el método C, al retener por el Tamiz 3/8” > 20% y al retener en el tamiz 3/4” < 30 %, trabajando de esta forma con material pasante de Tamiz 3/4”, a 5 capas con 56 golpes en cada una.

En la tabla 47 se observa los datos obtenidos a través del ensayo de Proctor por el método C, determinado por la granulometría de la muestra. La preparación de muestras para este ensayo se realiza por el método de cuarteo de esta forma tomar una muestra representativa.

Tabla 47: Ensayo de Proctor por método C – mezcla 50% - 50%

<b>Método de compactación</b>					<b>C</b>
<b>Numero de golpes</b>					<b>56</b>
<b>Numero de capas</b>					<b>5</b>
<b>CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1. Peso suelo húmedo. + molde	g	10961	11321	11214	11201
2. Peso del molde	g	6485	6485	6485	6485
3. Volumen del molde	cc	2037	2037	2037	2037
4. Peso suelo húmedo	g	4476	4836	4729	4716
<b>5. Densidad suelo húmedo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2,197</b>	<b>2,374</b>	<b>2,322</b>	<b>2,315</b>
<b>CALCULO DE HUMEDAD</b>					
6. Capsula N°		T-01	R	T	Z
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	350,0	357,0	419,0	458,0
8. Peso del suelo seco + capsula	g	334,0	337,0	375,0	413,0
9. Peso del agua	g	16,0	20,0	44,0	45,0
10. Peso de la capsula	g	50,0	51,0	50,0	50,0
11. Peso del suelo seco	g	284,0	286,0	325,0	363,0
12. Contenido de humedad	%	5,63	6,99	13,54	12,40
<b>13. Promedio de cont. de humedad</b>	<b>%</b>	<b>5,6</b>	<b>7,0</b>	<b>13,5</b>	<b>12,4</b>
<b>CALCULO DE DENSIDAD SECA</b>					
<b>14. Densidad seca del suelo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2,080</b>	<b>2,219</b>	<b>2,045</b>	<b>2,060</b>

En la figura 72 observamos la curva de densidad seca donde están graficados los 4 puntos trabajados a diferentes porcentajes de contenido de humedad, esta forma obtenemos una humedad óptima de la muestra y una densidad máxima.

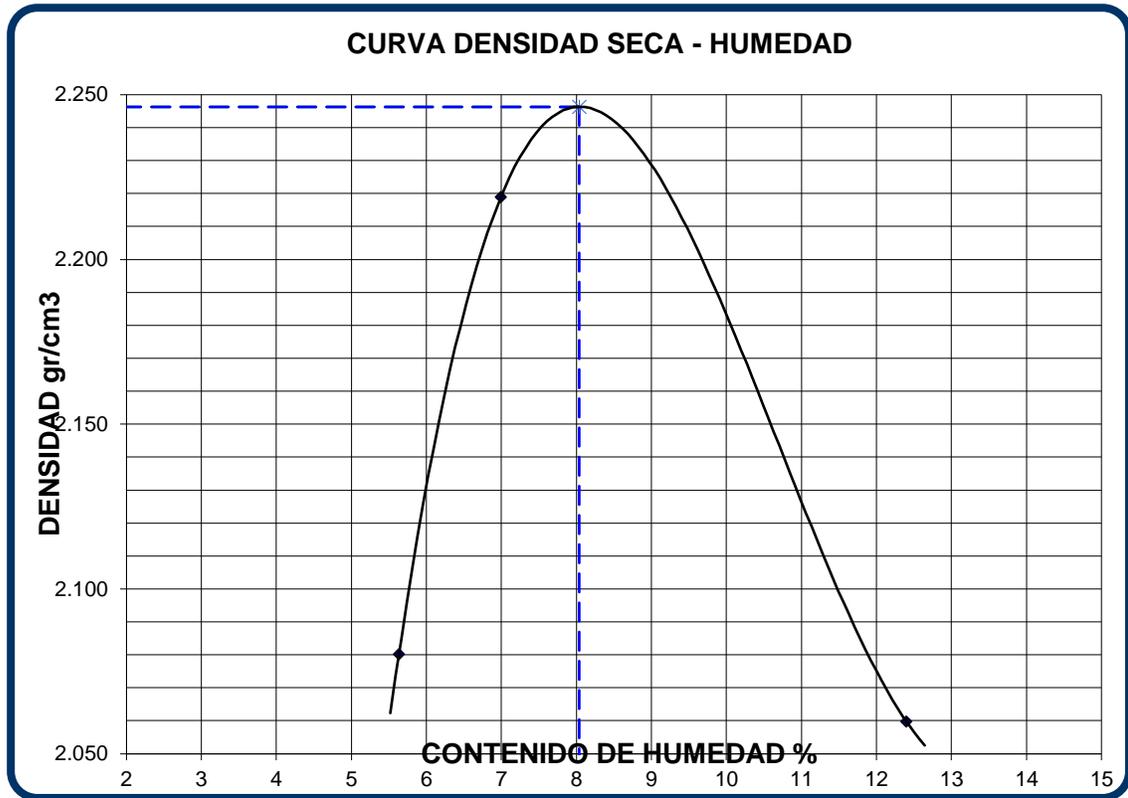


Figura 72: Grafica de curva de densidad seca, agregado 50% - 50%

RESULTADOS	
Humedad optima (%)	8.0
Densidad Maxima (g/cm <sup>3</sup> )	2,246

### Relación de soporte de california(CBR)

En este ensayo se pretende determinar la relación de soporte de California de un suelo de la grava 50% – 50% sometiéndola a esfuerzos cortantes, además de evaluar su calidad relativa para su uso en pavimento a nivel de afirmado. Una vez

determinada la humedad óptima mediante el ensayo de Proctor (8.0%) y la densidad máxima (2.246 g/cm<sup>3</sup>). Se procede a compactar la muestra en su interior, aplicando los golpes normados por cada molde preparado. Teniendo de esta manera tres muestras a 10, 25 y 56 golpes.

En la tabla 48 se observa los datos de CBR, analizados en tres muestras trabajadas a 56 golpes, 25 golpes y 10 golpes. Tenemos también que la muestra de 50% - 50% no presento expansión y se presentan los datos de penetración que se analizaran en comparación a las demás combinaciones de mezcla.

Tabla 48: Datos CBR, agregado 50% – 50%

Molde N°	25		32		15	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (g)	9569		9198		9169	
Peso de molde (g)	4514		4512		4476	
Peso del suelo húmedo (g)	5055		4686		4693	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2134		2134		2134	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2,368		2,195		2,199	
Humedad (%)	6,06		7,83		7,42	
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2,233</b>		<b>2,036</b>		<b>2,047</b>	
Tarro N°	56		25		10	
Tarro + Suelo húmedo (g)	812,50		898,60		969,90	
Tarro + Suelo seco (g)	771,20		839,80		909,10	
Peso del Agua (g)	41,30		58,80		60,80	
Peso del tarro (g)	89,20		89,20		89,50	
Peso del suelo seco (g)	682,00		750,60		819,60	
<b>Humedad (%)</b>	<b>6,06</b>		<b>7,83</b>		<b>7,42</b>	

EXPANSION												
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		
				mm	%		mm	%		mm	%	
				<b>NO EXPANSIVO</b>								

PENETRACION													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 25				MOLDE N° 32				MOLDE N° 15			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0,000		0	0			0	0			0	0		
0,025		0,64	11			0,64	13			0,64	10		
0,050		1,27	29			1,27	21			1,27	19		
0,075		1,91	105			1,91	89			1,91	74		
0,100	70,3	2,54	147	470,00	34,6	2,54	135	400,00	29,5	2,54	105	360,00	26,5
0,125		3,18	213			3,18	195			3,18	179		
0,150		3,81	357			3,81	315			3,81	281		
0,200	105,0	5,08	495	930,00	45,9	5,08	425	800,00	39,5	5,08	354	710,00	35,0
0,300		7,62	1147			7,62	1074			7,62	851		
0,400		10,16	1983			10,16	1754			10,16	1632		
0,500		12,70	2687			12,70	2546			12,70	2214		

En la figura 73 se observa la gráfica de penetración, presentando el CBR en porcentaje y la densidad seca (gr/cc) obtenido de la muestra de 50% de grava y 50% ligante.

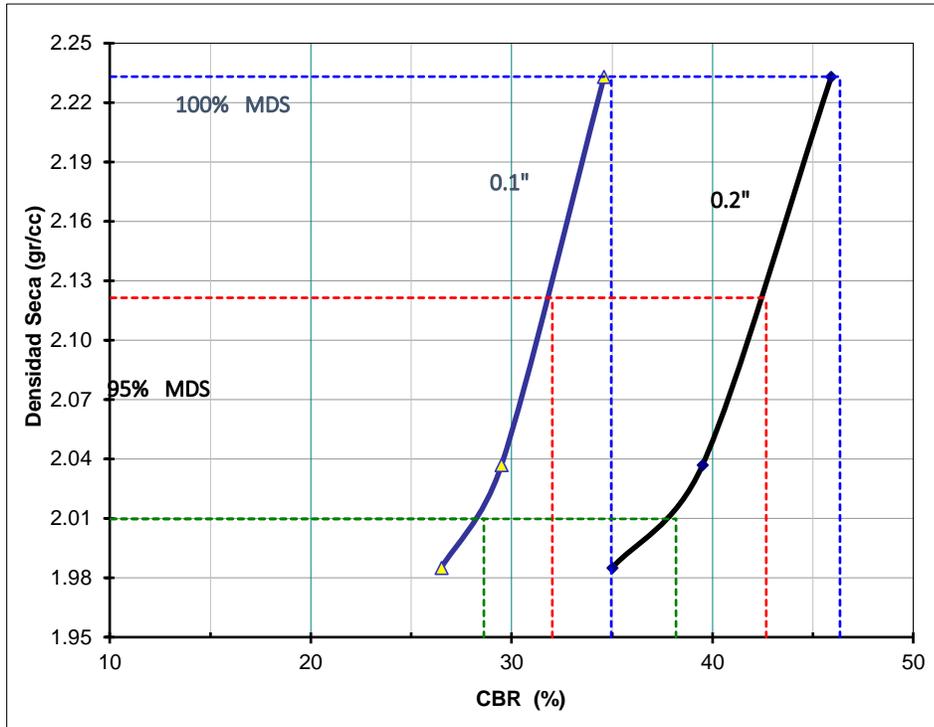


Figura 73: Gráfico de penetración del CBR

En las figura 74, 75 y 76 se tiene la resistencia a la penetración en pulgadas por carga en kg/cm<sup>2</sup>, en cada muestra trabajada a 10, 25 y 56 golpes. El valor de relación de soporte (CBR) se presenta al 100% y al 95% de su máxima densidad seca, teniendo valores de penetración a 1" y a 2".

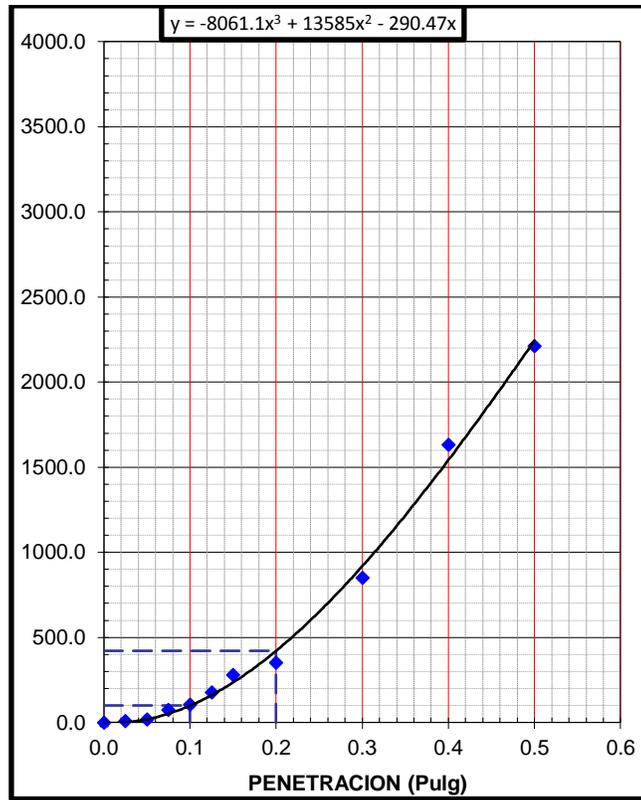


Figura 74: EC = 10 golpes (50% - 50%)

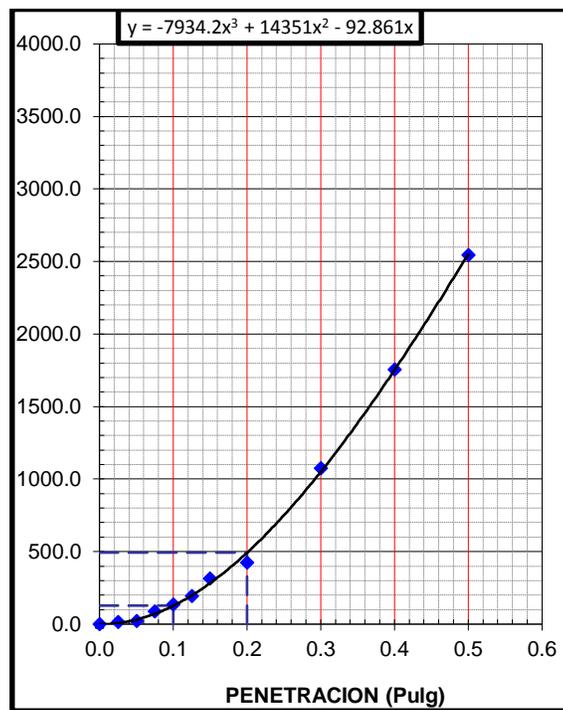


Figura 75: EC = 25 golpes (50% - 50%)

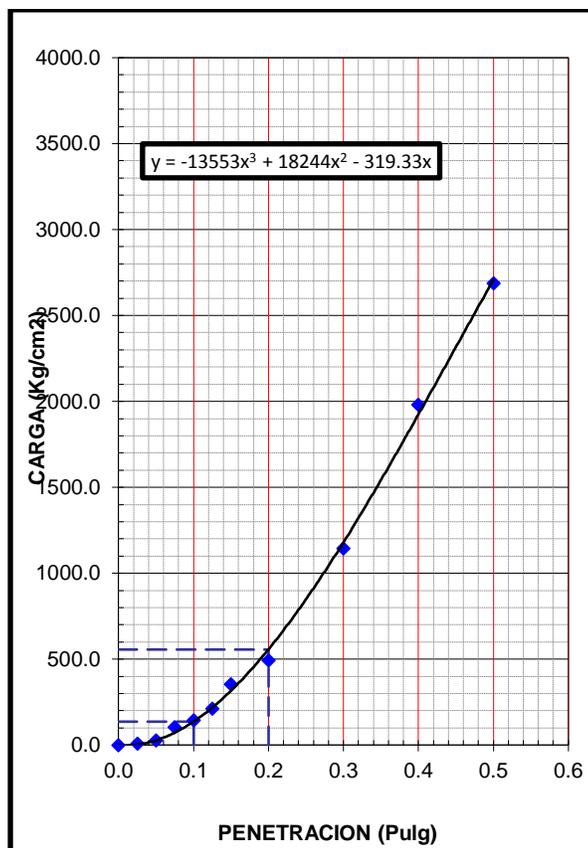


Figura 76: EC = 56 golpes (50% - 50%)

**RESULTADOS:**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	34,9	0.2":	46,3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	32,0	0.2":	42,7

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el mecanismo de la prensa, tratando de mantener una velocidad uniforme de 1.27.mm por minuto. En este al contar con una prensa manual que no cuenta con una velocidad automática, se contrala mediante el deforma miento de penetración (Dial) y un cronometro. Trabajando de esta manera con las lecturas de carga para cada penetración, a través de este procedimiento se encuentra que el CBR de 50%-50% presenta un considerable ascenso en comparación a la muestra de 55%-45%.

## RESUMEN DE RESULTADOS

En la tabla 49 los datos obtenidos en relación a las distintas combinaciones entre agregado grueso y material ligante presentan como resultado una óptima mezcla analizada gráficamente.

Tabla 49: Resumen de resultados obtenidos del CBR por Grava - Fino

Grava - Fino				
50%-50%	<b>RESULTADOS:</b>			
	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	34.9	0.2": 46.3
	C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	32.0	0.2": 42.7
55%-45%	<b>RESULTADOS:</b>			
	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	37.8	0.2": 49.9
	C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	34.3	0.2": 45.5
60%-40%	<b>RESULTADOS:</b>			
	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	38.7	0.2": 51.1
	C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	34.0	0.2": 45.1
65%-35%	<b>RESULTADOS:</b>			
	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	40.1	0.2": 52.8
	C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	35.0	0.2": 46.4
70%-30%	<b>RESULTADOS:</b>			
	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	41.3	0.2": 54.3
	C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	34.7	0.2": 46.1
75%-25%	<b>RESULTADOS:</b>			
	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	48.1	0.2": 62.9
	C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	37.9	0.2": 50.0
80%-20%	<b>RESULTADOS:</b>			
	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	44.1	0.2": 57.9
	C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	35.5	0.2": 47.0
85%-15%	<b>RESULTADOS:</b>			
	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	35.4	0.2": 46.8
	C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	27.3	0.2": 36.1

90%-10%	<b>RESULTADOS:</b>				
	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	33.2	0.2":	44.1
	C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	30.1	0.2":	40.2
95%-5%	<b>RESULTADOS:</b>				
	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	32.0	0.2":	42.6
	C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	28.1	0.2":	37.4
100%-0%	<b>RESULTADOS:</b>				
	C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	32.8	0.2":	43.7
	C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	29.4	0.2":	39.4

En la figura 77 los datos obtenidos en relación a las distintas combinaciones entre agregado grueso y material ligante presentan como resultado una óptima mezcla analizada gráficamente, teniendo un máximo CBR en la combinación de 75% de Grava y 25% de material ligante.

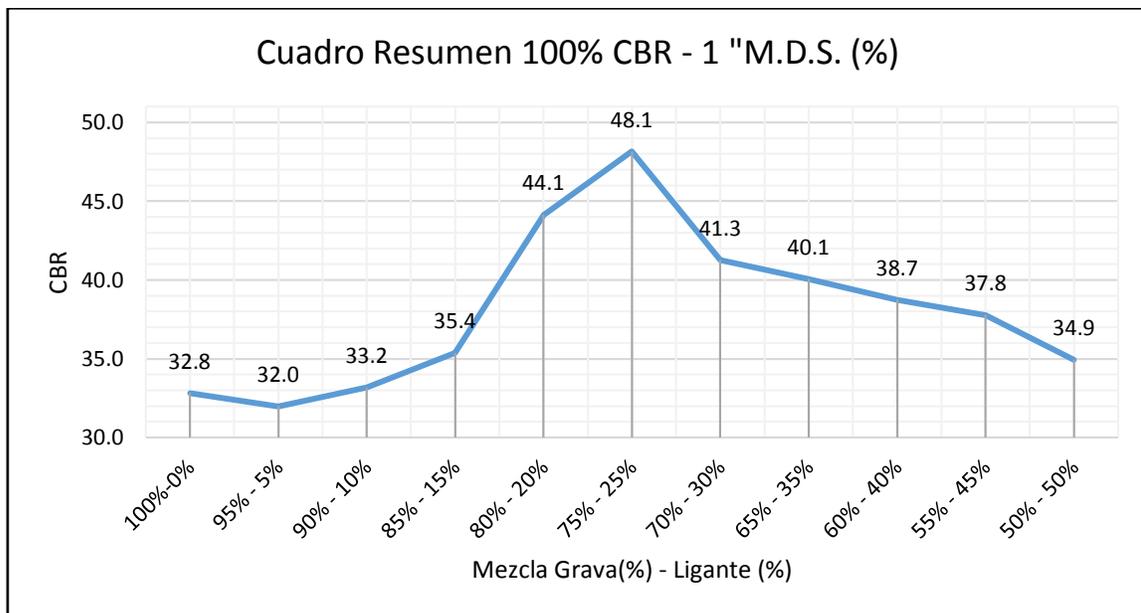


Figura 77: Resumen gráfico de resultados obtenidos del CBR por Grava - Fino

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

### Datos de análisis de CBR de 1" al 100%.

En la tabla 50 se tiene los resultados de análisis descriptivos del valor de CBR 100% - 1". Se obtuvieron los parámetros estadísticos como la media, mediana varianza, desviación estándar a partir de los datos de CBR de cada mezcla.

Tabla 50: Datos estadísticos para CBR al 100% a 1" de penetración.

<b>CBR al 100% de M.D.S. (%) – 1"</b>			Estadístico	Error estándar
Valor de CBR 100% - 1"	Media		38,0364	1,52996
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	34,6274	
		Límite superior	41,4453	
	Mediana		37,8000	
	Varianza		25,749	
	Desviación estándar		5,07430	
	Mínimo		32,00	
	Máximo		48,10	

En la tabla 51 se realizó el análisis de los datos obtenidos bajo observación si siguen una distribución normal para CBR al 100%. Mediante el uso del programa estadístico SPSS.

Tabla 51: Prueba de normalidad para CBR al 100%, penetración de 1"

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Valor de CBR 100% - 1"	,153	11	,200 <sup>*</sup>	,941	11	,536

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Se analizó con la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk debido a que se tiene una cantidad menor a los 50 datos. Se observa que el nivel de significancia (sig) es mayor a 0.05 en todos los casos, con lo cual se puede indicar que existe una distribución normal de datos para todas las mezclas por tipo de agregado empleado.

En la figura 78 se observa la curva de normalidad, con lo cual se infiere que los datos son simétricos. Estadísticamente el valor del nivel de significancia es  $0.536 > 0.050$ , donde se puede deducir que existe una distribución normal para el CBR al 100% a una penetración de 1”.

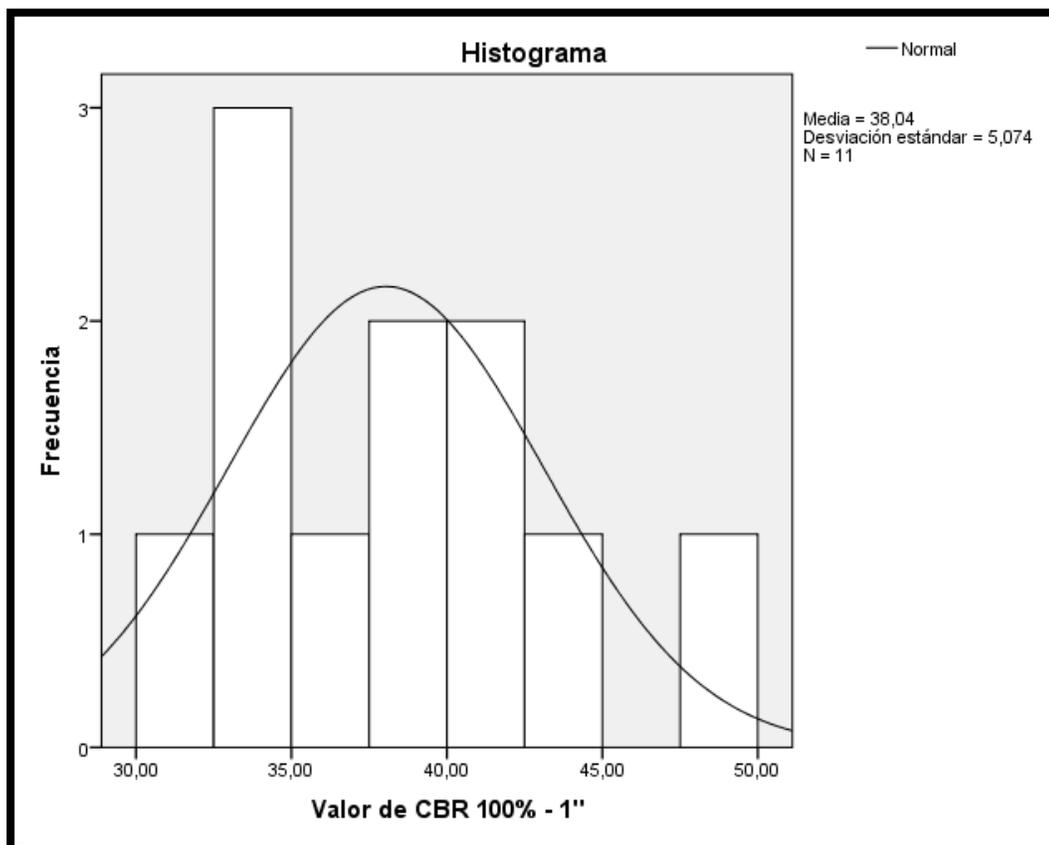


Figura 78: Histograma de normalidad para CBR al 100% - 1” de penetración

Determinando la distribución normal de los datos, esto nos indica si los datos son paramétricos o si son no paramétricos y con ello se puede analizar si existe correlación entre las variables. Para este caso se empleará el coeficiente de correlación de Pearson por ser grupo de datos paramétricos.

Luego planteamos las siguientes hipótesis para CBR al 100% a penetración de 1”:

**Ho:**  $r = 0$  (No existe correlación entre el valor de CBR y el porcentaje de agregado en la mezcla trabajada)

**Hi:**  $r \neq 0$  (Existe correlación entre el valor de CBR y el porcentaje de agregado en la mezcla trabajada)

**Nivel de significancia:** 0.05

En la tabla 52 se tiene el análisis de coeficiente de relación de Pearson, donde el nivel de significancia de 0 cuyo valor menor al 0.05 ya establecido, al tener el  $r \neq 0$  nos indica que existe correlación entre las variables.

Tabla 52: Correlación para CBR al 100%, penetración de 1”

		Valor de CBR 100% - 1"	Grava (%) - Ligante(%)
Valor de CBR 100% - 1"	Correlación de Pearson	1	,338
	Sig. (bilateral)		,310
	N	11	11
Grava (%) - Ligante(%)	Correlación de Pearson	,338	1
	Sig. (bilateral)	,310	
	N	11	11

En la figura 79 se detalla la curva de penetración para el CBR al 100% de 1" de penetración, donde también se tomó en cuenta el R<sup>2</sup> que genera la línea tendencia, el mayor fue el elegido, en este caso el R<sup>2</sup> cubico teniendo un valor de ajuste de 0.661. Se observa que el CBR al 100% a una penetración 1", se obtuvo la ecuación con la que se puede determinar el porcentaje agregado fino con su valor de CBR.

Se tiene que según las especificaciones para afirmado del MTC el CBR mínimo es de 40%, a 100% del CBR en 1" de penetración, resultando un rango entre 18.55% y 41.50% de agregado fino dentro del uso recomendado en el MTC.

$$y = -0.0003x^3 + 0.003x^2 + 0.5355x + 30.641$$

$$R^2 = 0.657$$

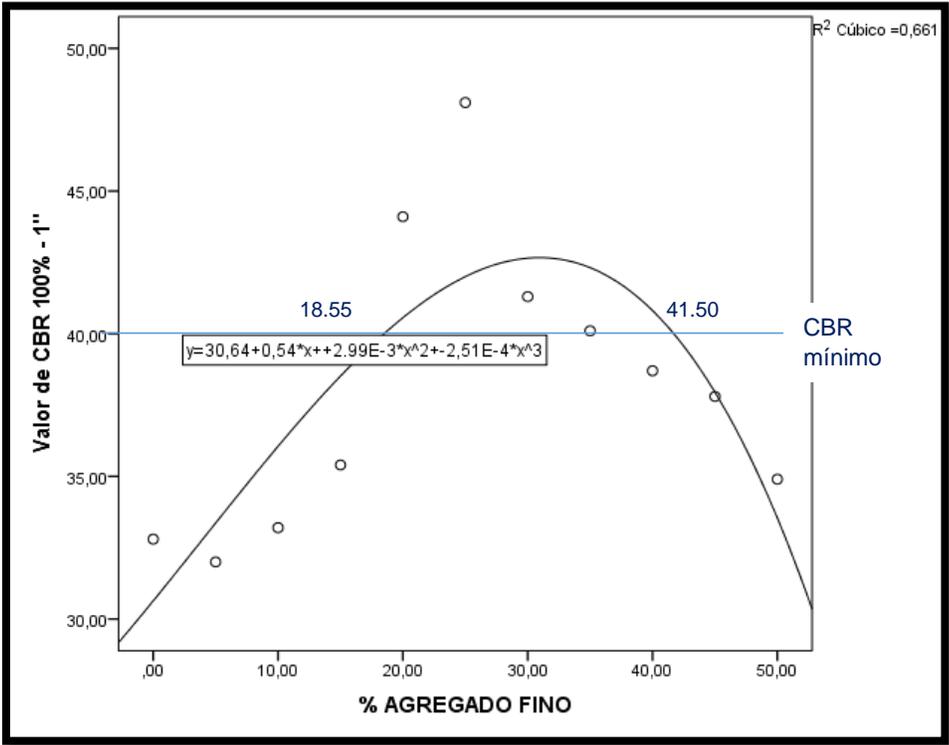


Figura 79: Línea tendencia de agregado fino y el valor de CBR al 100% - 1"

En la figura 80 se detalla la curva de penetración para el CBR al 100% de 1" de penetración, donde también se tomó en cuenta el R<sup>2</sup> que genera la línea tendencia, el mayor fue el elegido, en este caso el R<sup>2</sup> cubico teniendo un valor de ajuste de 0.661. Se observa que el CBR al 100% a una penetración 1", se obtuvo la ecuación con la que se puede determinar el porcentaje agregado grueso con su valor de CBR.

Se tiene que según las especificaciones para afirmado del MTC el CBR mínimo es de 40%, a 100% del CBR en 1" de penetración, resultando un rango entre 58.25% y 81.45% de agregado grueso dentro del uso recomendado en el MTC.

$$y = 0.0003x^3 - 0.0725x^2 + 6.4058x - 137.05$$

$$R^2 = 0.657$$

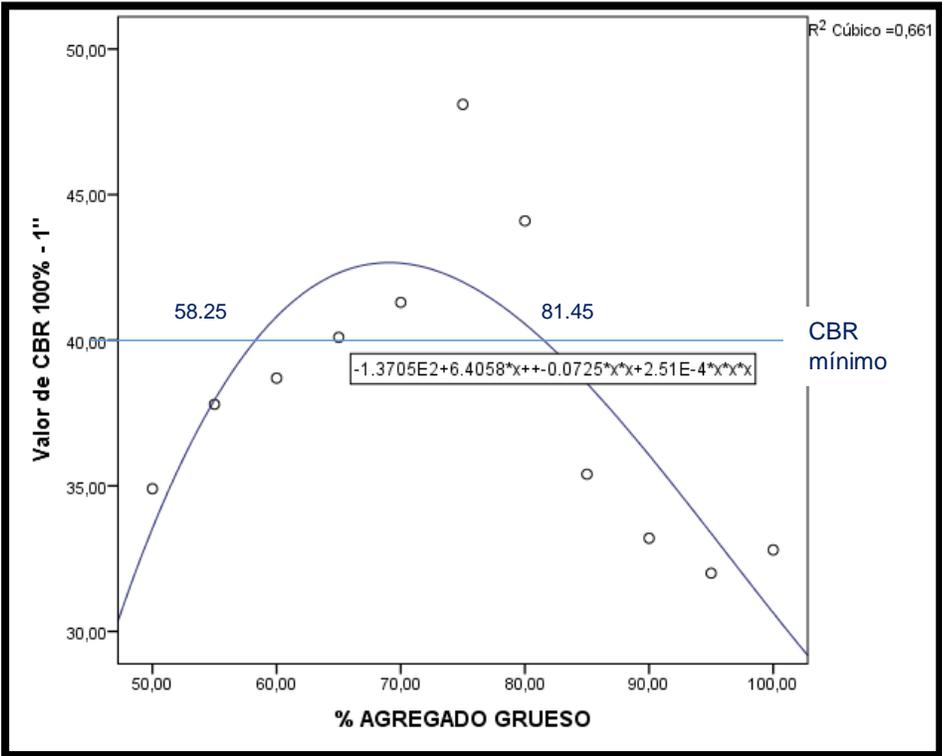


Figura 80: Grafica de línea tendencia en porcentaje de agregado grueso versus el valor de CBR al 100% - 1"

### Datos de análisis de CBR de 1" al 95%.

En la tabla 53 se tiene los resultados de análisis descriptivos del valor de CBR 95% - 1". Se obtuvieron los parámetros estadísticos como la media, mediana varianza, desviación estándar a partir de los datos de CBR de cada mezcla.

Tabla 53: Datos estadísticos para CBR al 95% a 1" de penetración.

CBR al 95% de M.D.S. (%) – 1"			Estadístico	Error estándar
Valor de CBR 95% - 1"	Media		32,5727	1,03001
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	30,2777	
		Límite superior	34,8677	
	Mediana		34,0000	
	Varianza		11,670	
	Desviación estándar		3,41616	
	Mínimo		27,30	
	Máximo		37,90	

En la tabla 54 se realizó el análisis de los datos obtenidos bajo observación si siguen una distribución normal para CBR al 95%. Mediante el uso del programa estadístico SPSS.

Tabla 54: Prueba de normalidad para CBR al 95%, penetración de 1"

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Valor de CBR 95% - 1"	,207	11	,200*	,940	11	,522

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Se analizó con la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk debido a que se tiene una cantidad menor a los 50 datos. Se observa que el nivel de significancia (sig) es mayor a 0.05 en todos los casos, con lo cual se puede indicar que existe una distribución normal de datos para todas las mezclas por tipo de agregado empleado.

En la figura 81 se observa la curva de normalidad, con lo cual se infiere que los datos son simétricos. Estadísticamente el valor del nivel de significancia es  $0.522 > 0.050$ , donde se puede deducir que existe una distribución normal para el CBR al 95% a una penetración de 1”.

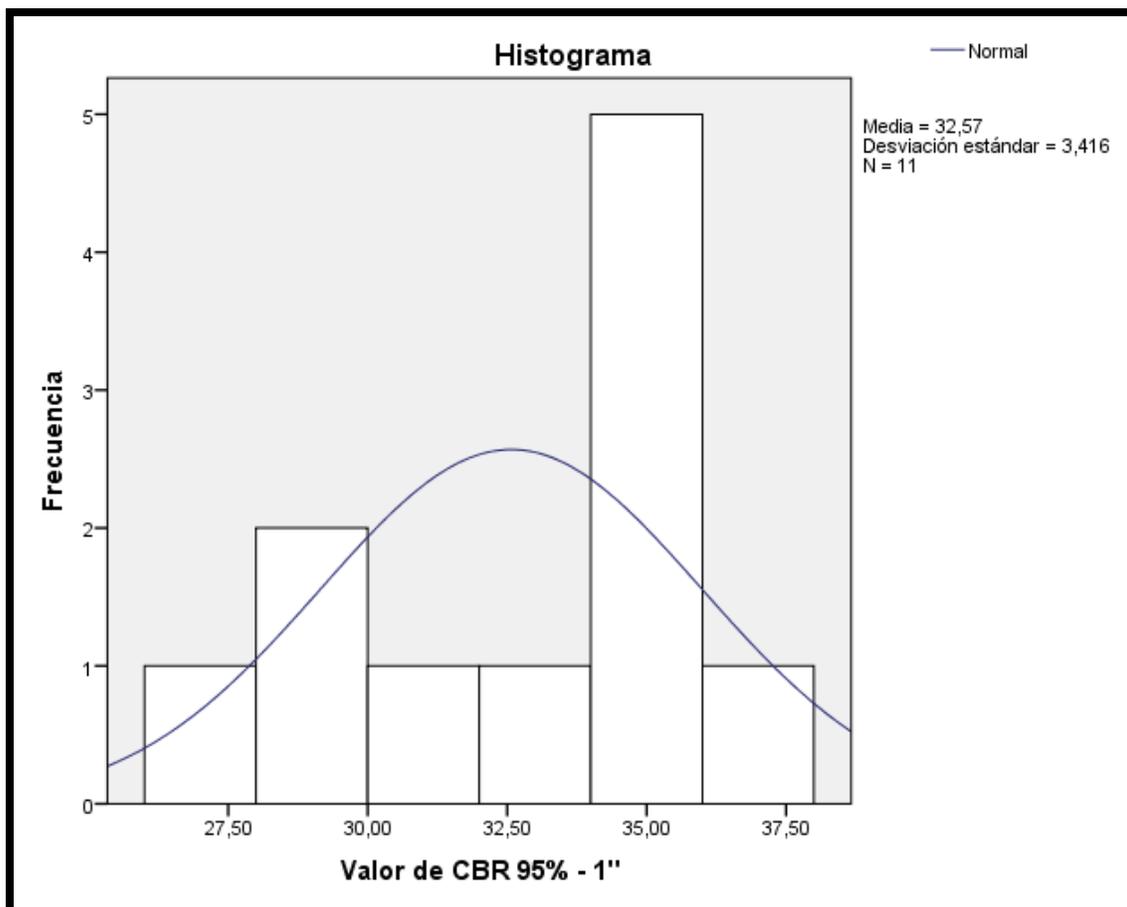


Figura 81: Histograma de normalidad para CBR al 95% - 1” de penetración

Determinando la distribución normal de los datos, esto nos indica si los datos son paramétricos o si son no paramétricos y con ello se puede analizar si existe correlación entre las variables. Para este caso se empleará el coeficiente de correlación de Pearson por ser grupo de datos paramétricos.

Luego planteamos las siguientes hipótesis para CBR al 95% a penetración de 1”:

**Ho:**  $r = 0$  (No existe correlación entre el valor de CBR y el porcentaje de agregado en la mezcla trabajada)

**Hi:**  $r \neq 0$  (Existe correlación entre el valor de CBR y el porcentaje de agregado en la mezcla trabajada)

**Nivel de significancia:** 0.05

En la tabla 55 se tiene el análisis de coeficiente de relación de Pearson, donde el nivel de significancia de 0 cuyo valor menor al 0.05 ya establecido, al tener el  $r \neq 0$  nos indica que existe correlación entre las variables.

Tabla 55: Correlación para CBR al 95%, penetración de 1”

		Correlaciones	
		Grava (%) - Ligante(%)	Valor de CBR 95% - 1"
Grava (%) - Ligante(%)	Correlación de Pearson	1	,566
	Sig. (bilateral)		,070
	N	11	11
Valor de CBR 95% - 1"	Correlación de Pearson	,566	1
	Sig. (bilateral)	,070	
	N	11	11

En la figura 82 se detalla la curva de penetración para el CBR al 95% de 1" de penetración, donde también se tomó en cuenta el R<sup>2</sup> que genera la línea tendencia, el mayor fue el elegido, en este caso el R<sup>2</sup> cubico teniendo un valor de ajuste de 0.661. Se observa que el CBR al 95% a una penetración 1", se obtuvo la ecuación con la que se puede determinar el porcentaje agregado grueso con su valor de CBR.

$$Y = -1,24E2+6,34*x+-0,08*x*x+3,28E-4*x*x*x$$

$$R^2 = 0.644$$

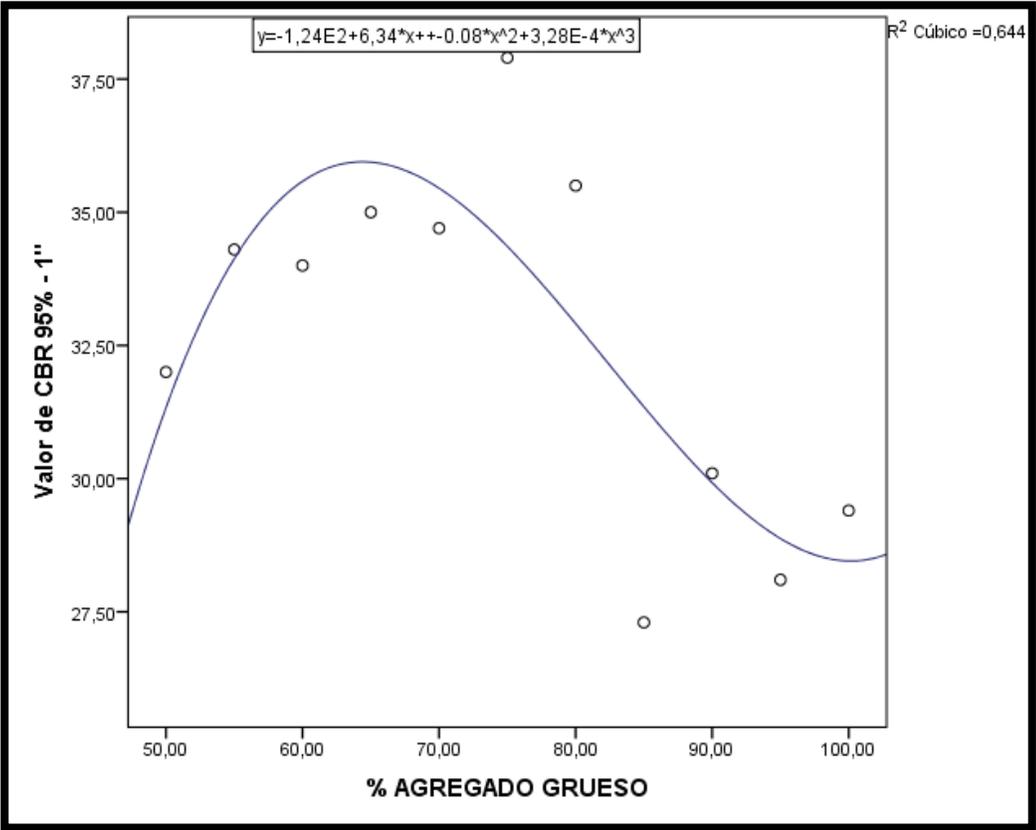


Figura 82: Grafica de línea tendencia en porcentaje de agregado grueso versus el valor de CBR al 95% - 1"

En la figura 83 se detalla la curva de penetración para el CBR al 95% de 1" de penetración, donde también se tomó en cuenta el  $R^2$  que genera la línea tendencia, el mayor fue el elegido, en este caso el  $R^2$  cubico teniendo un valor de ajuste de 0.661. Se observa que el CBR al 95% a una penetración 1", se obtuvo la ecuación con la que se puede determinar el porcentaje agregado fino con su valor de CBR.

$$y = 28,45 + 5,22E-3 * x + 0,02 * x^2 + -3,28E-4 * x^3$$

$$R^2 = 0.661$$

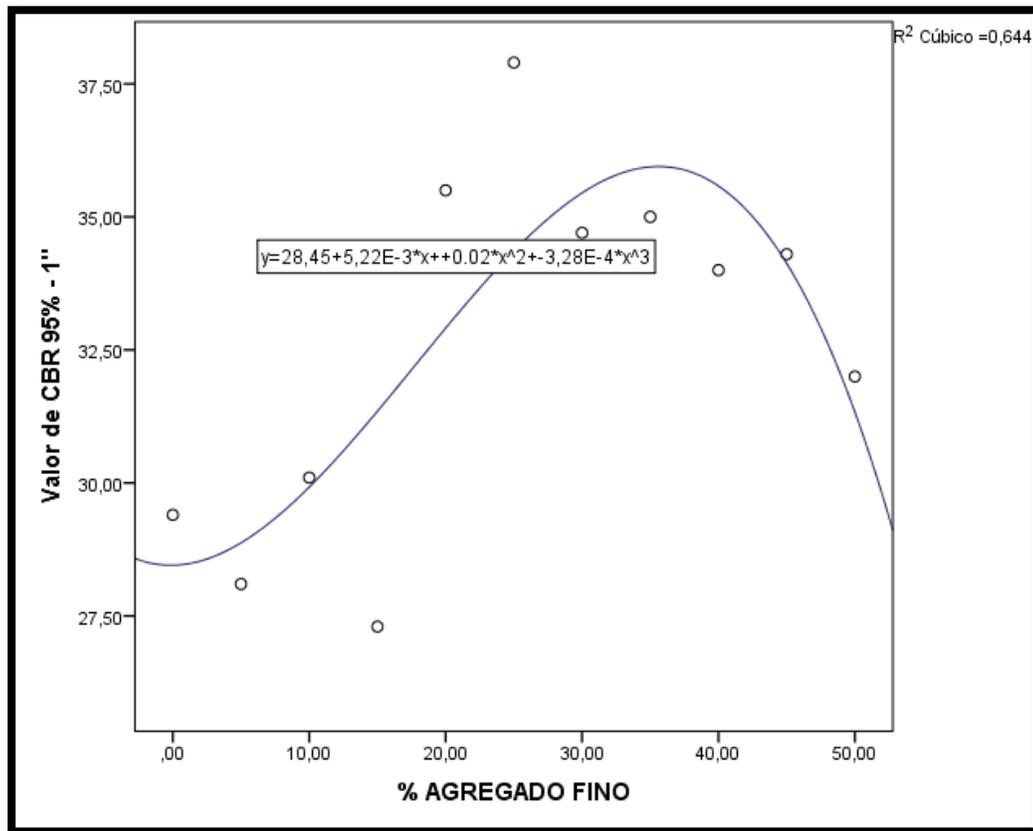


Figura 83: Grafica de línea tendencia en porcentaje de agregado fino versus el valor de CBR al 95% - 1"

### Datos de análisis de CBR de 2" al 100%.

En la tabla 56 se tiene los resultados de análisis descriptivos del valor de CBR 100% - 2". Se obtuvieron los parámetros estadísticos como la media, mediana varianza, desviación estándar a partir de los datos de CBR de cada mezcla.

Tabla 56: Datos estadísticos para CBR al 100% a 2" de penetración.

CBR al 100% de M.D.S. (%) – 2"			Estadístico	Error estándar
Valor de CBR 100% - 2"	Media		50,2182	1,92834
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	45,9216	
		Límite superior	54,5148	
	Mediana		49,9000	
	Varianza		40,904	
	Desviación estándar		6,39560	
	Mínimo		42,60	
	Máximo		62,90	

En la tabla 57 se realizó el análisis de los datos obtenidos bajo observación si siguen una distribución normal para CBR al 100%. Mediante el uso del programa estadístico SPSS.

Tabla 57: Prueba de normalidad para CBR al 100%, penetración de 2"

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Valor de CBR 100% - 2"	,158	11	,200 <sup>*</sup>	,940	11	,525

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Se analizó con la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk debido a que se tiene una cantidad menor a los 50 datos. Se observa que el nivel de significancia (sig) es mayor a 0.05 en todos los casos, con lo cual se puede indicar que existe una distribución normal de datos para todas las mezclas por tipo de agregado empleado.

En la figura 84 se observa la curva de normalidad, con lo cual se infiere que los datos son simétricos. Estadísticamente el valor del nivel de significancia es  $0.525 > 0.050$ , donde se puede deducir que existe una distribución normal para el CBR al 100% a una penetración de 2”.

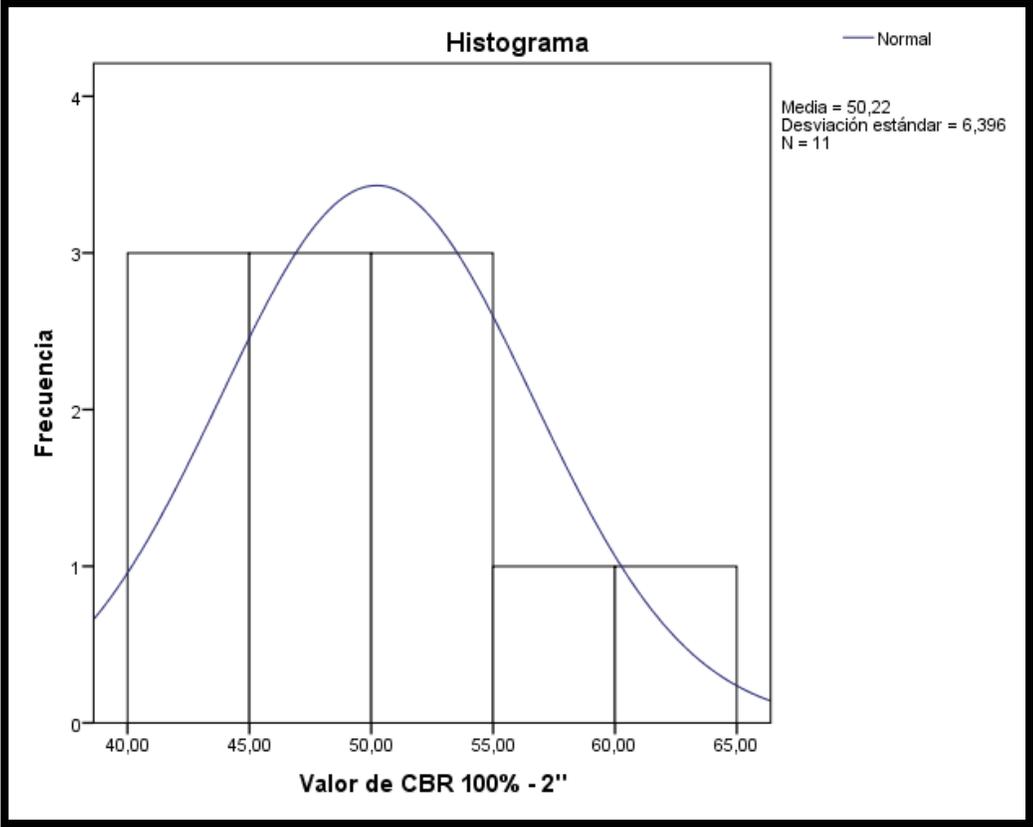


Figura 84: Histograma de normalidad para CBR al 100% - 2” de penetración

Determinando la distribución normal de los datos, esto nos indica si los datos son paramétricos o si son no paramétricos y con ello se puede analizar si existe correlación entre las variables. Para este caso se empleará el coeficiente de correlación de Pearson por ser grupo de datos paramétricos.

Luego planteamos las siguientes hipótesis para CBR al 100% a penetración de 2”:

**Ho:**  $r = 0$  (No existe correlación entre el valor de CBR y el porcentaje de agregado en la mezcla trabajada)

**Hi:**  $r \neq 0$  (Existe correlación entre el valor de CBR y el porcentaje de agregado en la mezcla trabajada)

**Nivel de significancia:** 0.05

En la tabla 58 se tiene el análisis de coeficiente de relación de Pearson, donde el nivel de significancia de 0 cuyo valor menor al 0.05 ya establecido, al tener el  $r \neq 0$  nos indica que existe correlación entre las variables.

Tabla 58: Correlación para CBR al 100%, penetración de 2”

		<b>Correlaciones</b>	
		Grava (%) - Ligante(%)	Valor de CBR 100% - 2"
Grava (%) - Ligante(%)	Correlación de Pearson	1	,338
	Sig. (bilateral)		,310
	N	11	11
Valor de CBR 100% - 2"	Correlación de Pearson	,338	1
	Sig. (bilateral)	,310	
	N	11	11

En la figura 85 se detalla la curva de penetración para el CBR al 100% de 2" de penetración, donde también se tomó en cuenta el R<sup>2</sup> que genera la línea tendencia, el mayor fue el elegido, en este caso el R<sup>2</sup> cubico teniendo un valor de ajuste de 0.657. Se observa que el CBR al 100% a una penetración 2", se obtuvo la ecuación con la que se puede determinar el porcentaje agregado fino con su valor de CBR.

$$y = 40,96 + 0,66x + 4,28E-3x^2 - 3,22E-4x^3$$

$$R^2 = 0.657$$

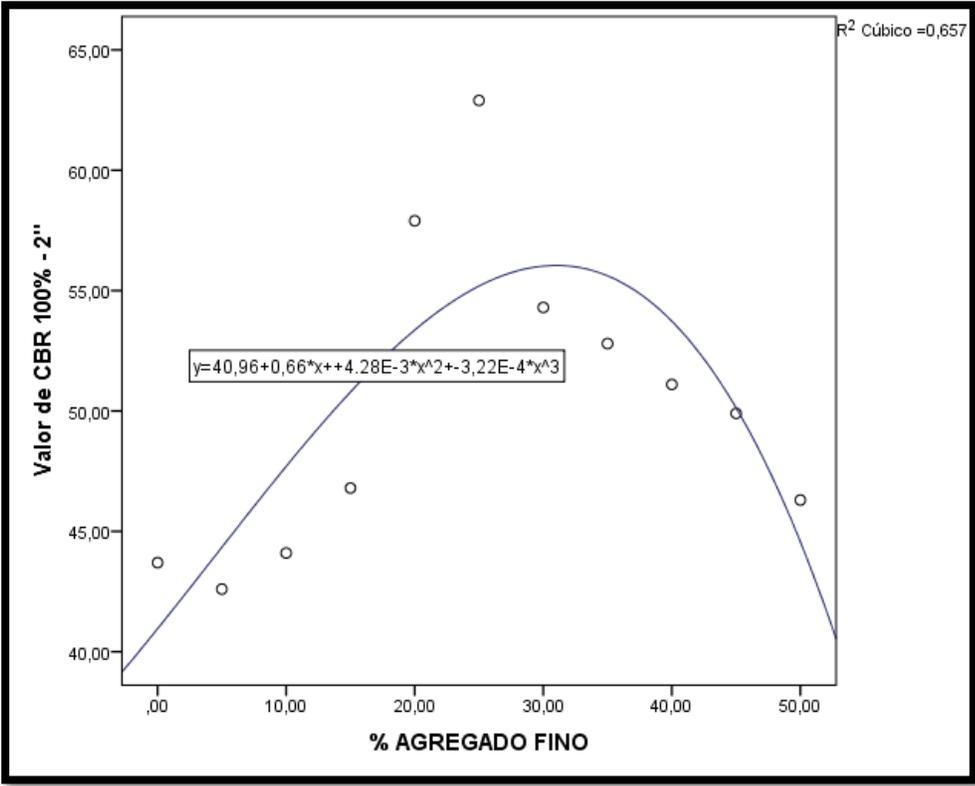


Figura 85: Grafica de línea tendencia en porcentaje de agregado fino versus el valor de CBR al 100% - 2"

En la figura 86 se detalla la curva de penetración para el CBR al 100% de 2" de penetración, donde también se tomó en cuenta el R<sup>2</sup> que genera la línea tendencia, el mayor fue el elegido, en este caso el R<sup>2</sup> cubico teniendo un valor de ajuste de 0.657. Se observa que el CBR al 100% a una penetración 2", se obtuvo la ecuación con la que se puede determinar el porcentaje agregado grueso con su valor de CBR.

$$y = -1,72E2+8,15*x+-0,09*x*x+3,22E-4*x*x*x$$

$$R^2 = 0.657$$

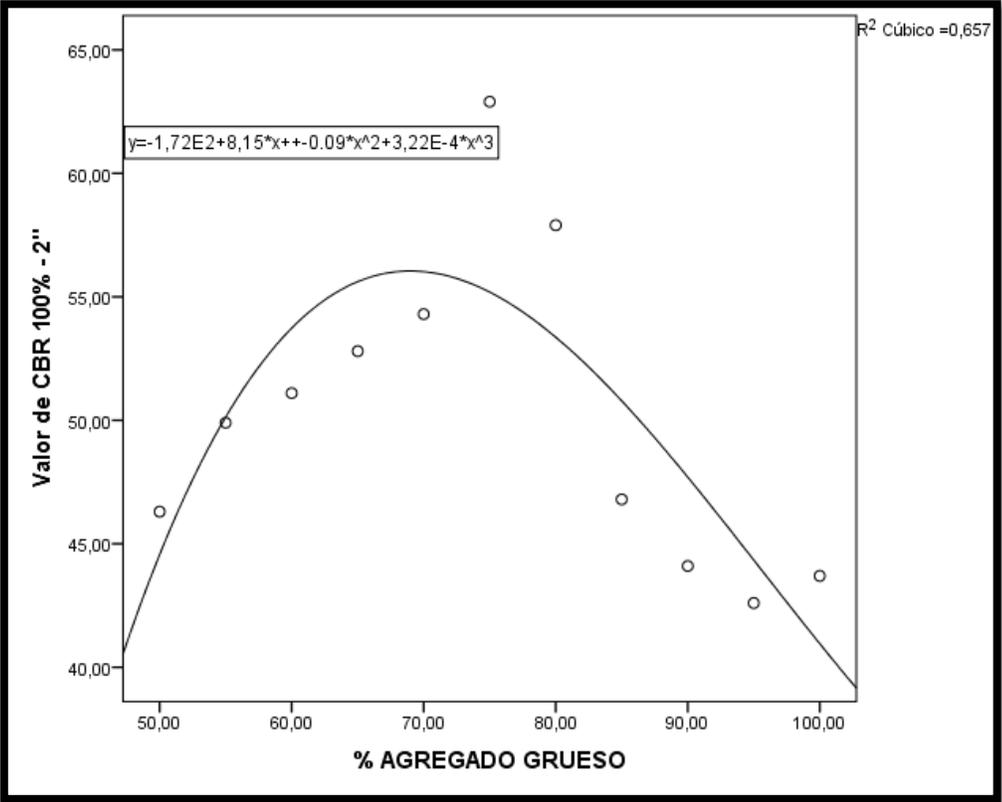


Figura 86: Gráfica de línea tendencia en porcentaje de agregado grueso versus el valor de CBR al 100% - 2"

### Datos de análisis de CBR de 2" al 95%.

En la tabla 59 se tiene los resultados de análisis descriptivos del valor de CBR 95% - 2". Se obtuvieron los parámetros estadísticos como la media, mediana varianza, desviación estándar a partir de los datos de CBR de cada mezcla.

Tabla 59: Datos estadísticos para CBR al 95% a 2" de penetración.

CBR al 95% de M.D.S. (%) – 2"			Estadístico	Error estándar
Valor de CBR 95% - 2"	Media		43,2636	1,33459
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	40,2900	
		Límite superior	46,2373	
	Mediana		45,1000	
	Varianza		19,593	
	Desviación estándar		4,42635	
	Mínimo		36,10	
	Máximo		50,00	

En la tabla 60 se realizó el análisis de los datos obtenidos bajo observación si siguen una distribución normal para CBR al 95%. Mediante el uso del programa estadístico SPSS.

Tabla 60: Prueba de normalidad para CBR al 95%, penetración de 2"

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Valor de CBR 95% - 2"	,206	11	,200 <sup>*</sup>	,943	11	,551

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Se analizó con la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk debido a que se tiene una cantidad menor a los 50 datos. Se observa que el nivel de significancia (sig) es mayor a 0.05 en todos los casos, con lo cual se puede indicar que existe una distribución normal de datos para todas las mezclas por tipo de agregado empleado.

En la figura 87 se observa la curva de normalidad, con lo cual se infiere que los datos son simétricos. Estadísticamente el valor del nivel de significancia es  $0.551 > 0.050$ , donde se puede deducir que existe una distribución normal para el CBR al 95% a una penetración de 2”.

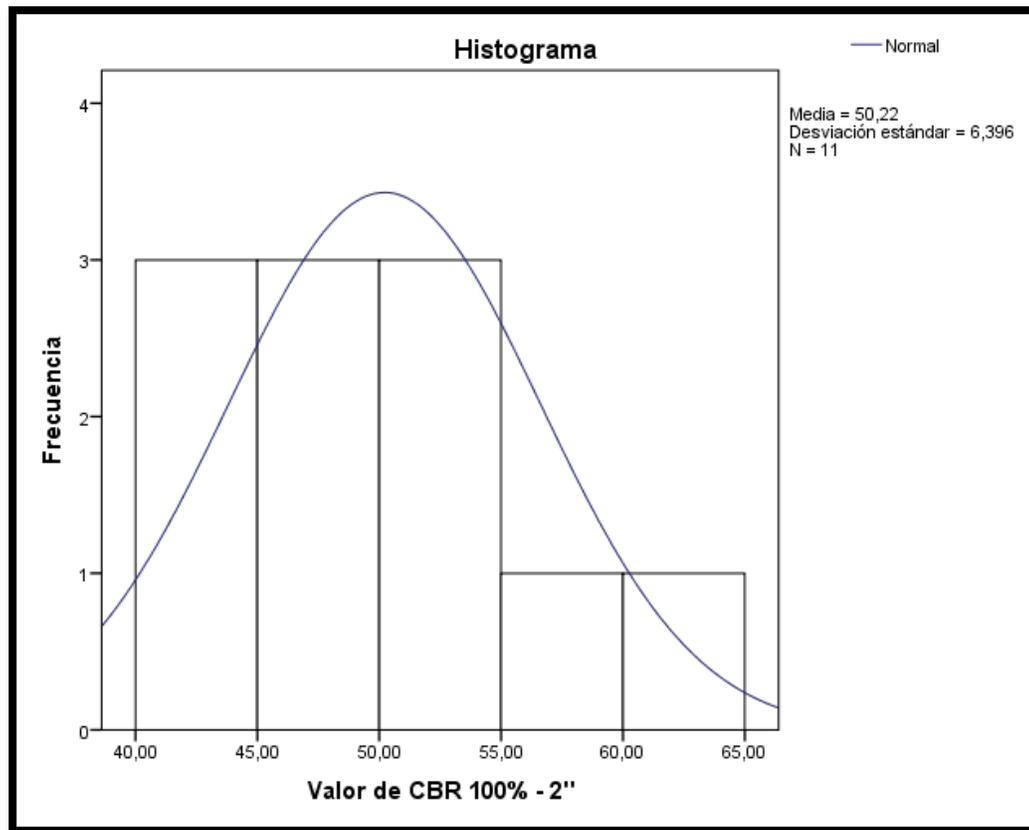


Figura 87: Histograma de normalidad para CBR al 95% - 2” de penetración

Determinando la distribución normal de los datos, esto nos indica si los datos son paramétricos o si son no paramétricos y con ello se puede analizar si existe correlación entre las variables. Para este caso se empleará el coeficiente de correlación de Pearson por ser grupo de datos paramétricos.

Luego planteamos las siguientes hipótesis para CBR al 95% a penetración de 2”:

**Ho:**  $r = 0$  (No existe correlación entre el valor de CBR y el porcentaje de agregado en la mezcla trabajada)

**Hi:**  $r \neq 0$  (Existe correlación entre el valor de CBR y el porcentaje de agregado en la mezcla trabajada)

**Nivel de significancia:** 0.05

En la tabla 61 se tiene el análisis de coeficiente de relación de Pearson, donde el nivel de significancia de 0 cuyo valor menor al 0.05 ya establecido, al tener el  $r \neq 0$  nos indica que existe correlación entre las variables.

Tabla 61: Correlación para CBR al 95%, penetración de 2”

		Correlaciones	
		Grava (%) - Ligante(%)	Valor de CBR 95% - 2”
Grava (%) - Ligante(%)	Correlación de Pearson	1	,567
	Sig. (bilateral)		,069
	N	11	11
Valor de CBR 95% - 2”	Correlación de Pearson	,567	1
	Sig. (bilateral)	,069	
	N	11	11

En la figura 88 se detalla la curva de penetración para el CBR al 95% de 2" de penetración, donde también se tomó en cuenta el R<sup>2</sup> que genera la línea tendencia, el mayor fue el elegido, en este caso el R<sup>2</sup> cubico teniendo un valor de ajuste de 0.630. Se observa que el CBR al 95% a una penetración 2", se obtuvo la ecuación con la que se puede determinar el porcentaje agregado fino con su valor de CBR.

$$y = 38,14 + 0,03x + 0,02x^2 - 4,38E-4x^3$$

$$R^2 = 0.630$$

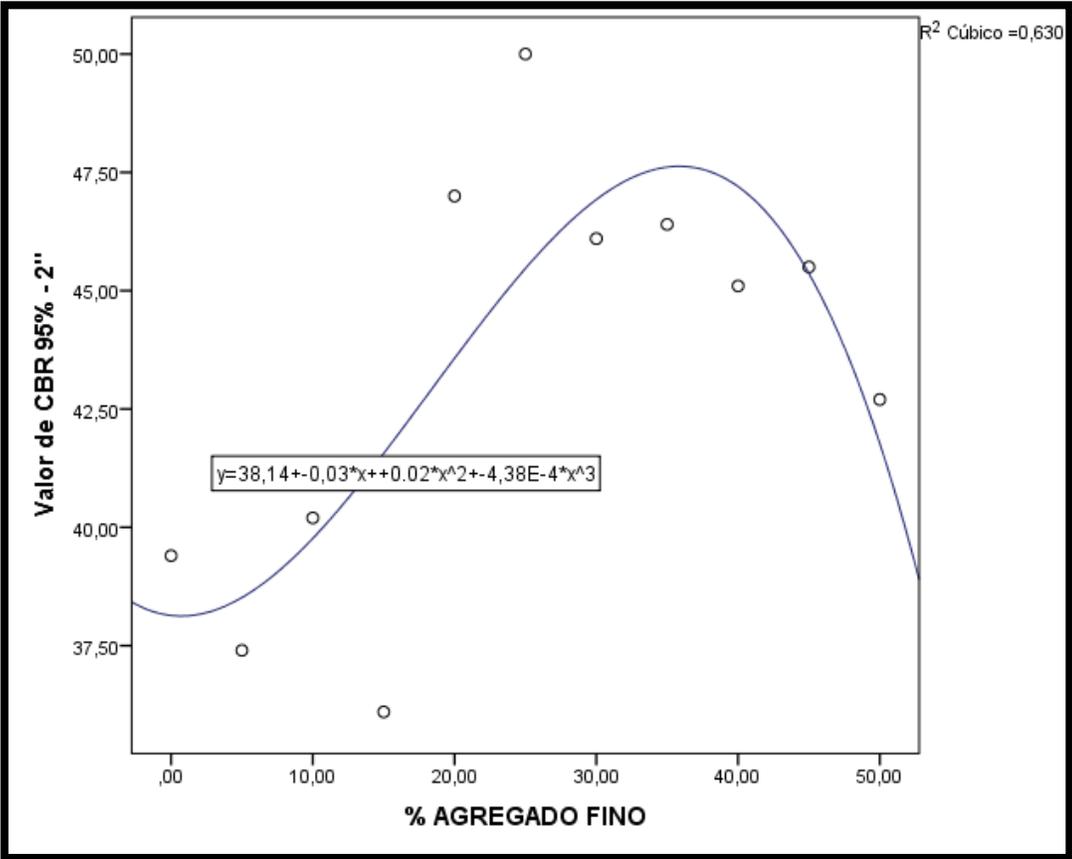


Figura 88: Grafica de línea tendencia en porcentaje de agregado fino versus el valor de CBR al 95% - 2"

En la figura 89 se detalla la curva de penetración para el CBR al 95% de 2" de penetración, donde también se tomó en cuenta el R<sup>2</sup> que genera la línea tendencia, el

mayor fue el elegido, en este caso el  $R^2$  cubico teniendo un valor de ajuste de 0.630. Se observa que el CBR al 95% a una penetración 2", se obtuvo la ecuación con la que se puede determinar el porcentaje agregado grueso con su valor de CBR.

$$y = -1,63E2+8,36*x+-0,11*x*x+4,38E-4*x*x*x$$

$$R^2 = 0.630$$

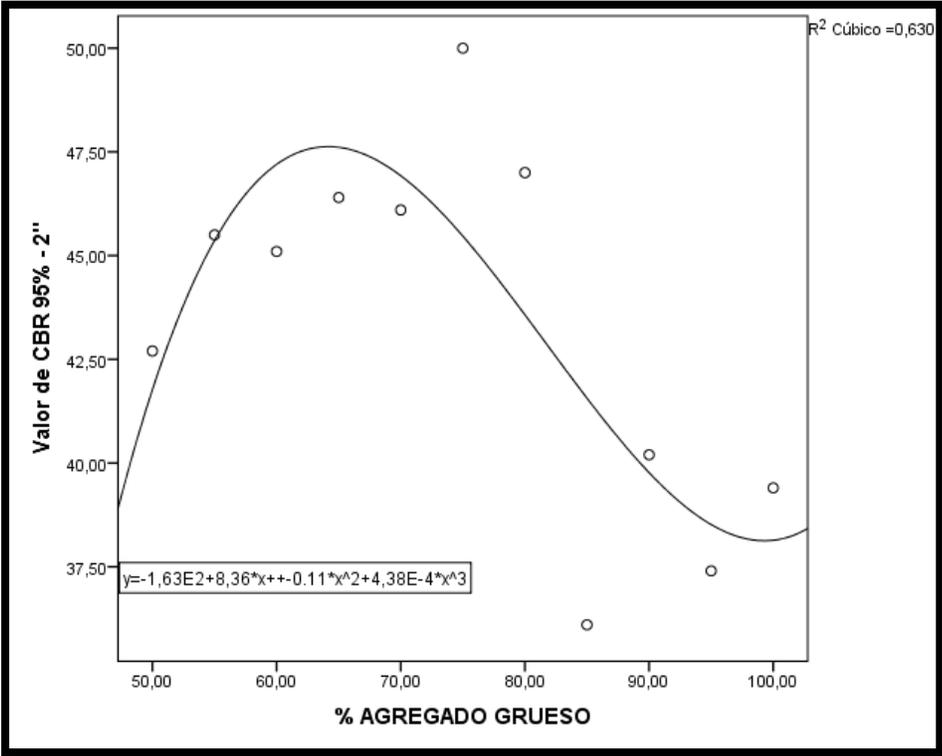


Figura 89: Gráfica de línea tendencia en porcentaje de agregado grueso versus el valor de CBR al 95% - 2"

## CONTRASTE DE HIPÓTESIS

### Hipótesis General

Se confirma que el contenido de ligante en la mezcla incide en el valor del CBR y el nivel de ahuellamiento de pavimentos a nivel de afirmado – carretera departamental HV 109 Km 123 - Km 145.

### Hipótesis Específicos

Se comprueba a través de los ensayos realizados en laboratorio que el contenido de finos incide en el valor de soporte de california CBR de la matriz de afirmado ya que a medida que aumentaban los finos según el porcentaje se consiguió una tendencia hacia el ascenso y descenso de la resistencia potencial.

Se comprueba que el contenido de finos de la mezcla incide en el nivel de ahuellamiento del pavimento de afirmado ya que a través del ensayo de CBR, las distintas combinaciones de mezcla presentaban una mayor o menor resistencia a la penetración de una pulgada frente a prensa, dependiendo del porcentaje del material fino usado.

Se comprueba que la mezcla optima de 75% de grava y 25% de material ligante(fino) puede dar un mayor valor de CBR y el menor valor de ahuellamiento del pavimento de afirmado.

## CONCLUSIONES

- Según lo experimentado en las distintas combinaciones de grava y material ligante 100-0; 95-5; 90;10; 85-15; 80-20; 75-25; 70-30; 65-35; 60-40; 55-45; 50-50 (en porcentajes) respectivamente, se aprecia que el incremento de la resistencia potencial hasta un punto máximo y luego un descenso de resistencia potencial medible a través del CBR realizado en cada combinación, presentando gráficamente una campana la cual nos resulta con rangos mínimos admisibles según la normativa. Al 100% de máxima densidad seca y una 1 pulgada de penetración, se obtiene porcentajes admisibles desde 18,55% al 41,50% de material ligante y 58,25% al 81,45% de Grava. Estos rangos son inversamente proporcionales a los valores de ahuellamiento, es decir que, al emplear combinaciones de mezcla dentro de los rangos propuestos, ayuda a mitigar el valor de ahuellamiento en el afirmado dentro de una clasificación escasa menor a 6 mm según el MTC.
- Según lo observado en las combinaciones de agregado cuyas numeraciones son: 100-0; 95-5; 90;10; 85-15; 80-20; 75-25; 70-30; 65-35; 60-40; 55-45; 50-50 (porcentajes) presentaron valores de CBR de 32,8%; 32,0%; 33,2%; 35,4%; 44,1%; 48,1%; 41,3%; 40,1%; 38,7%; 37,8% y 34,9%. A través de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio con las distintas combinaciones de mezcla podemos afirmar que el material ligante influye significativamente en valor de soporte de California CBR, con lo cual podemos afirmar que al emplear fino como material ligante aumenta el CBR del afirmado, pero el exceso de dosificación de material ligante en la mezcla baja el valor de CBR, resultando rangos admisibles mínimos de 82.5% de grava – 17.5% de fino hasta un 65.0% de grava – 35.0% de fino en la mezcla cumpliendo los requerimiento del MTC.

- La incidencia de las distintas combinaciones de mezcla para pavimento a nivel de afirmado trabajadas 100-0; 95-5; 90;10; 85-15; 80-20; 75-25; 70-30; 65-35; 60-40; 55-45; 50-50 (porcentajes) presentaron una relación inversamente proporcional al nivel de ahuellamiento calculado, según la fórmula de deformación permanente  $N_d = 1.365 * 10^{-9} * (\epsilon_z)^{-4.477}$  y de acuerdo a la magnitud de ahuellamiento, según el ministerio transportes y comunicaciones los valores dentro de los rangos admisibles mínimos de 82.5% de grava – 17.5% de fino hasta un 65.0% de grava – 35.0% de fino en la mezcla se encuentran bajo una denominación escasa menor a 6 milímetros.
- Se tiene que según las especificaciones técnicas para afirmado del MTC el CBR mínimo es de 40% (a 100% del CBR en 1” de penetración) resultando un rango entre 18.55% y 41.50% de agregado fino dentro del uso recomendado en el MTC, así mismo se tiene que el porcentaje óptimo de mezcla trabajado fue de 75% de Grava y 25% de Fino, ya que obtuvo un valor de CBR de 48,1% debido a ser el valor máximo de CBR obtenido dentro de las combinaciones de mezcla, el valor de ahuellamiento es el mínimo dentro de las mezclas propuestas.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de la óptima mezcla entre Agregado grueso en un 75% y Material ligante en un 25%, para asegurar un alto valor de CBR y evitar el ahuellamiento en la carretera departamental HV 109.
- Se recomienda tener controlado el volumen de agua en la aplicación de la mezcla optima en la carretera departamental a nivel de afirmado HV 109, cercano al 7.69% garantizando el aprovechamiento de la mezcla en una máxima eficiencia de la mezcla.
- Se recomienda evitar un excesivo uso de material fino como material ligante, en mezcla para pavimento a nivel de afirmado ya que, al contener un alto contenido de finos, superior al 35% de la mezcla, el valor de la resistencia potencial (CBR) cae bruscamente, lo que podría generar pronto ahuellamiento en la carretera departamental a nivel de afirmado HV 109.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PATAGONIA SAN JUAN BOSCO. (2005). *Estabilización de Suelos*. Argentina: FACULTAD DE INGENIERÍA.
- California., T. a. (1999). *Peter Bolander, Alan Yamada*. San Dimas. USA.
- Dr. Roberto Hernández Sampieri, D. C. (2010). *METODOLOGÍA de la investigación* . Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Garcia, M. A. (2013). *Pavimentos*. Mexico: DECDFI.
- Huancavelica, G. d. (2017). *EXPEDIENTE TÉCNICO PARA EL MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA DEPARTAMENTAL* . Huancavelica -Perú.
- Huang, Y. (2004). *Pavement analysis and design*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Jonathan Q. Addo, P. T. (2004). *Road Dust Suppression: Effect on Maintenance Stability, Safety and the Environm*. USA.
- Menéndez, J. R. (2003). *MANUAL TECNICO DE MATENIMIENTO RUTINARTIO CON MICROEMPRESAS*. Lima- Perú: Oficina internacional del trabajo.
- Michael W. Sayers, T. D. (1986). *The International Road Roughness Experiment. Paper Technical Numberm 45 World Bank*. Washington. USA.
- Ministerio de Tranpostes y Comunicaciones. (2016). *MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES*. PERÚ.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Especificaciones Técnicas Generales para Construcción*. Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones . (2005). *MANUAL PARA EL DISEÑO DE CAMINOS NO PAVIMENTADO DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO*. Perú.
- Montejo, A. (2006). *Pavimentos de Ingeniería* . Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Permazyme, M. Á. ( 2006). *Mejoramiento de caminos no pavimentados en el departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico 22x y el probase TX-55*. Lima-Perú: Facultad de Ingeniería Civil. UNI.

- Rengifo, K. (2014). *tesis diseño de Pavimentos de la nueva carretera Panamericana Norte en el Tramo de Huacho a Pativilca. PUCP.* Huacho a Pativilca -Perú: PUCP.
- Rico, A. Y. (1999). *La ingeniería de suelos en las vías terrestres.* México: D.F.: Limusa.
- Romero, A. C. (2014). *Metodología integral innovadora para planes y tesis.* Mexico: CENGAGE Learnig.
- Sánchez, J. C. (2004). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA.* Madrid : Ediciones Diaz de Santos.
- UNIVESIDAD TECNOLOGICA DEL PERÚ. (s.f.). *Metodología de la Investigación Científica.* Lima: Imprenta Grupo IDAT.

## **ANEXOS**

## Anexo 1: Matriz De Consistencia

### TITULO: “INCIDENCIA DEL MATERIAL LIGANTE EN EL VALOR DEL CBR Y EN EL NIVEL DE AHUELLAMIENTO DE PAVIMENTOS A NIVEL DE AFIRMADO - CARRETERA DEPARTAMENTAL HV 109 (KM 123 - KM 145)”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	DISEÑO METODOLÓGICO
<b>PROBLEMA GENERAL:</b> ¿Cuál es la incidencia del % de material (ligante y granular) en los valores del CBR y el Nivel de Ahuellamiento de pavimentos a nivel de afirmado – en la Carretera Departamental HV 109 – Huancavelica 2018?	<b>OBJETIVO GENERAL:</b> Determinar la incidencia del % de material (ligante y granular) en el valor del CBR y el nivel de ahuellamiento de pavimentos a nivel de afirmado – carretera departamental HV 109- Huancavelica 2018.	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b> El contenido de ligante en la mezcla incide en el valor del CBR y el nivel de ahuellamiento de pavimentos a nivel de afirmado – carretera departamental HV 109 Km 123 - Km 145.	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>  • Porcentaje de material ligante en la combinación de agregado	<b>Dimensión 1:</b> Porcentaje de material en la mezcla.  <b>Dimensión 2:</b> Porcentaje de material granular en la mezcla de agregados.	<b>Indicador 1:</b> - Análisis granulométrico de agregados MTC E 204. <b>Indicador 2:</b> -Determinación de Límites de Atterberg MTC E 110.  <b>Indicador 1:</b> - Análisis granulométrico de agregados MTC E 204. <b>Indicador 2:</b> - Determinación de Límites de Atterberg MTC E 110.	<b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Experimental:</b> Método válido para la investigación en laboratorio con variables controladas. <b>NIVEL Explicativa - predictiva</b> Investigación explicativa o de comprobación de hipótesis causales.  <b>POBLACIÓN Y MUESTRA POBLACIÓN</b> Carretera departamental HV 109 – Huancavelica. <b>MUESTRA</b> Canteras empleadas en la carretera departamental HV 109 Km123-Km145. <b>INSTRUMENTOS</b> - Tablas para recolección de datos. -Softwares SPSS, Excel.
<b>PROBLEMAS ESPECIFICOS</b> ¿Cuál es la incidencia del % de material (ligante y granular) en el valor de soporte de california CBR de la matriz de afirmado?	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b> Determinar la incidencia del % de material (ligante y granular) en el valor de soporte de california CBR de la matriz de afirmado.	<b>HIPÓTESIS ESPECIFICA</b> El contenido de finos incide en el valor de soporte de california CBR de la matriz de afirmado.	<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b>  • Valor de soporte de california del afirmado CBR.	<b>Dimensión 1:</b> Valor de soporte de CBR.  <b>Dimensión 2:</b> Valor del ahuellamiento.  <b>Dimensión 3:</b> Modulo elástico de la muestra.	<b>Indicador 1:</b> - Ensayo de Proctor Modificado MTC E 115. <b>Indicador 2:</b> - CBR de suelos (Laboratorio) MTC E 132.  <b>Indicador 1:</b> - Formula de modulo elástico de suelos. <b>Indicador 2:</b> - Valor de ahuellamiento en mm. Clasificación según MTC.  <b>Indicador 1:</b> - Formula de modulo elástico de suelos. <b>Indicador 2:</b> - Valor de ahuellamiento en mm. Clasificación según MTC.	<b>RECOLECCION DE MUESTRAS</b> -Ensayo de granulometría por combinaciones de mezcla (11) -Ensayo de limites por combinaciones de mezcla (11) -Ensayo de Proctor por combinaciones de mezcla (11) -Ensayo de CBR por combinaciones de mezcla (11)  <b>EQUIPOS</b> -Granulométrico. -Límites de Atterberg. -Prensa de CBR -Equipo Proctor modificado.
¿Cuál es la incidencia del % de material (ligante y granular) en el nivel de ahuellamiento del pavimento de afirmado?	Determinar la incidencia del % de material (ligante y granular) en el nivel de ahuellamiento del pavimento de afirmado.	El contenido de finos de la mezcla incide en el nivel de ahuellamiento del pavimento de afirmado.				
¿Cuál es la proporción óptima entre el material (ligante y granular) que proporcione el mayor valor de CBR y el menor valor de ahuellamiento del pavimento de afirmado?	Determinar la proporción optima entre el material (ligante y granular) que proporcione el mayor valor de CBR y el menor valor de ahuellamiento del pavimento a nivel de afirmado.	Una proporción óptima de la mezcla de afirmado puede dar un mayor valor de CBR y el menor valor de ahuellamiento del pavimento de afirmado.				

## Anexo 2: Panel Fotográfico

Anexo 1.1: Obtención de agregado granular y fino – Cantera Huancavelica



Anexo 1.2: Toma de muestras en cantera Huancavelica



Anexo 1.3: Secado del material granular obtenido de la cantera.



Anexo 1.4: Pesado del material para granulometría de finos



Anexo 1.5: Vaciando material para zarandear.



Anexo 1.6: Tamizado del material por las mallas.



Anexo 1.7: Pesado del peso retenido en cada malla.



Anexo 1.8: Pesado del material para granulometría de agregado grueso.



Anexo 1.9: Vaciando material a los respectivos tamices



Anexo 1.10: Tamizado del material por las mallas.



Anexo 1.11: Material pasante a la malla 40 para la utilización del límite líquido



Anexo 1.12: Mezclando el material con agua. Primero con 5 ml y después con 3 ml según lo requiera.



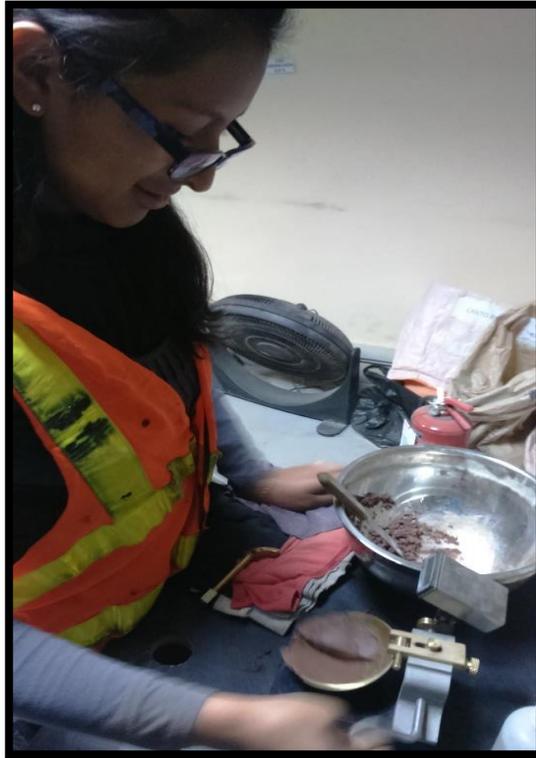
Anexo 1.13: Colocado de muestra en copa de Casa Grande



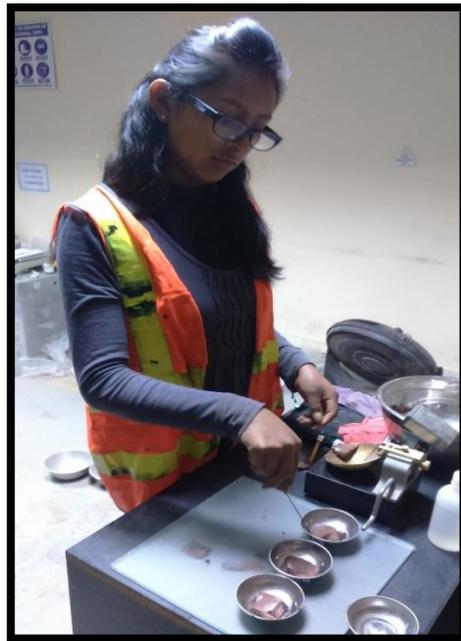
Anexo 1.14: Enrazado de muestra.



Anexo 1.15: Dando golpes a la muestra en prueba de casa grande



Anexo 1.16: Colocado de muestras en taras.



Anexo 1.17: Pesado de muestras del límite líquido.



Anexo 1.18: Buscando limite plástico a 1mm.



Anexo 1.19: Pesado de muestras de limite plástico.



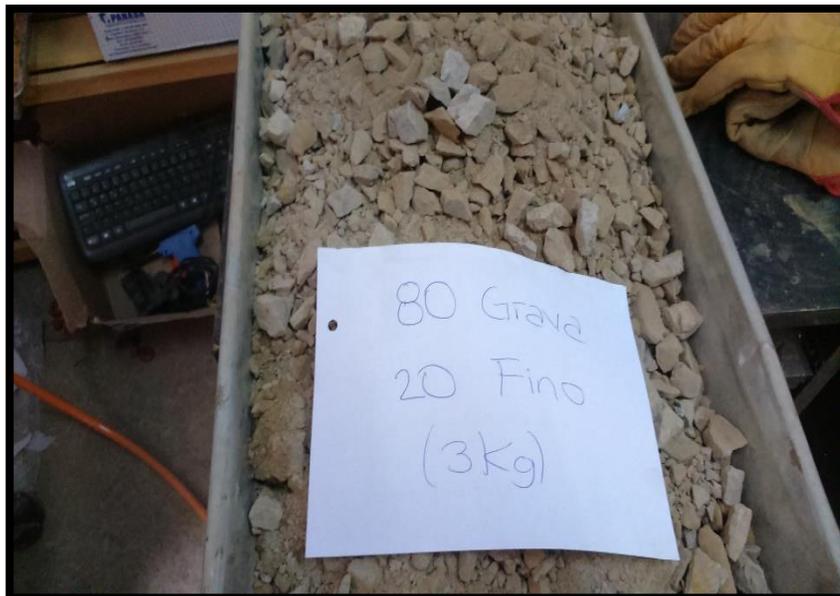
Anexo 1.20: colocado de muestras en el horno. Donde estarán por 24 horas.



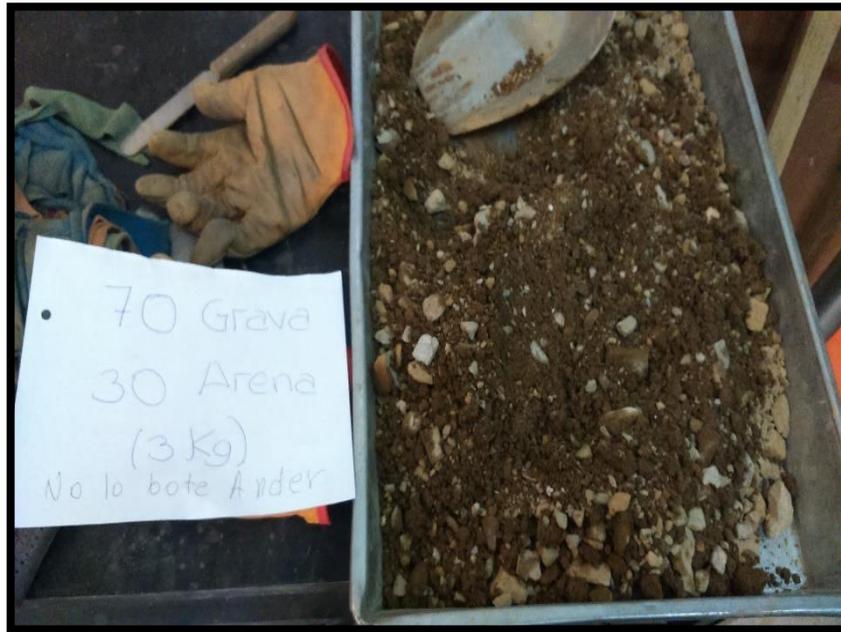
Anexo 1.21: Pesado de agregado fino para las diferentes mezclas que se hizo en los ensayos de proctor.



Anexo 1.22: Muestra para realizar proctor. Con 80% de grava y 20% de fino



Anexo 1.23: Mezcla con 70% de grava y 30% de agregado fino



Anexo 1.24: mezcla con un 10% de agua.



Anexo 1.25: dando los 56 golpes en cada capa que corresponde.



Anexo 1.26: muestra compactada.



Anexo 1.27: pesado del molde una vez enrazado.



Anexo 1.28: Colocado de muestra en el horno.



Anexo 1.29: Datos del proctor con diferentes contenidos de humedad.

**PROCTOR**

**M2 - SUBBASE 2.5Kg**

H <sub>2</sub> O	0.250	0.200	0.150	0.200	0.350
%H <sub>2</sub> O	10%	8%	6%	12%	14%
P <sub>sh+Me</sub> 1+B	5.930	5.826	5.687	5.910	5.844
P <sub>sh+Me</sub> 1	3.885	3.781	3.642	3.865	3.799
P <sub>Me</sub> 1					
P <sub>scompac.</sub>					
V <sub>moleda</sub>					
D <sub>sh</sub>					

CONTENIDO HUMEDAD		8%	6%	14%	12%
%h.	SUBGRANULIC TP	TP	T1	T2	TP1
P <sub>h+t</sub>	0.335	0.341	0.284	0.289	0.372
P <sub>s+t</sub>	0.305	0.316	0.269	0.257	0.335
P <sub>t</sub>	0.050	0.051	0.053	0.054	0.052
P <sub>H<sub>2</sub>O</sub>					
P <sub>SS</sub>					
Cont. h					
D <sub>SS</sub>					

Anexo 1.30: Mezcla para la realización del CBR.



Anexo 1.31: Compactando a 56 golpes.



Anexo 1.32: Midiendo la penetración de una pulgada con dial.



Anexo 1.33: Retirando la probeta de la prensa



## **Anexo 3: Planos del proyecto**

## **Anexo 4: Certificados**

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**TEMA** : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
**PROVINCIA** : HUANCAYO  
**CLIENTE** : Karem Gilvonio.  
**CANTERA** : HUANCAVELICA  
**MUESTRA** : M - 1

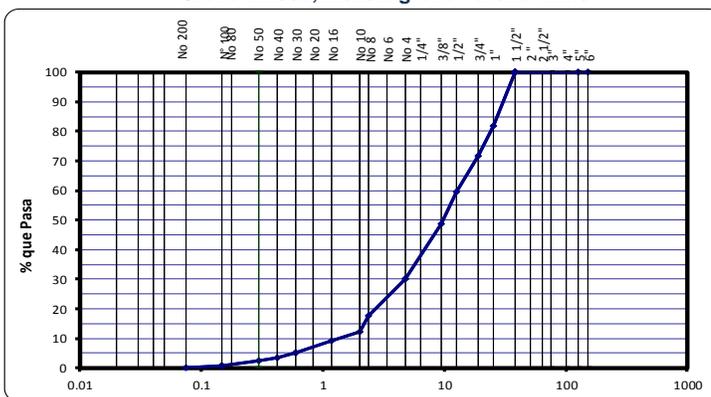
**DEPARTAMENTO** : JUNIN  
**FECHA** : 25-04-18  
**HECHO POR** : K. GILVONIO  
**REVISADO POR** : ING. AUGUSTO GARCIA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
(MTC E 107)

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	545.0	18.2	18.2	81.8
3/4"	19.050	308.0	10.3	28.4	71.6
1/2"	12.700	359.0	12.0	40.4	59.6
3/8"	9.525	325.0	10.8	51.2	48.8
1/4"	6.350				
No. 4	4.760	557.0	18.6	69.8	30.2
No. 8	2.360	380.0	12.7	82.5	17.5
No. 10	2.000	156.0	5.2	87.7	12.3
No. 16	1.190	92.0	3.1	90.7	9.3
No 20	0.834				
No 30	0.600	122.0	4.1	94.8	5.2
No. 40	0.420	49.0	1.6	96.4	3.6
No. 50	0.300	30.0	1.0	97.4	2.6
No. 60	0.250				
No. 80	0.177				
No. 100	0.149	56.0	1.9	99.3	0.7
No. 200	0.075	17.0	0.6	99.9	0.1
< No. 200		4.0	0.1	100.0	

**CLASIFICACIÓN SUCS** : GM  
**CLASIFICACIÓN AASHTO** : #DIV/0!

**Grava limosa, mezcla grava - arena - limo**



**Peso Inicial (g)** : 3000.00      **Peso Fraccion (g)** : 2094.00  
**Material Grueso > Nº 16: (g)** : 2722.00  
**Material Grueso < Nº 16: (g)** : 278.00

**DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL**

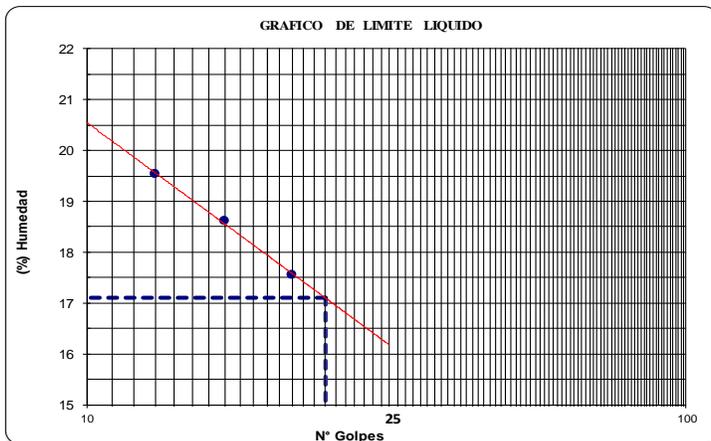
Capsula Nro	LIMITE PLASTICO (MTC E 111)		HUM. NAT. (MTC E 108)
	SC-01	RT	MT
Peso de la Capsula (g)			8.92
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)			16.23
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)			15
Peso del Agua (g)			1
Peso del Suelo Seco (g)			6
Contenido de Humedad (%)			18.09
<b>PROMEDIO</b>	<b>NP</b>		<b>18.09</b>

**CONSTANTES FÍSICAS**

**LIMITE LIQUIDO** : 17.1      **LIMITE PLÁSTICO** : NP      **IND. PLASTICIDAD** : NP

Capsula Nro	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)		
	TP-02	T-01	R
Peso de la Capsula (g)	15.99	18.05	17.95
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	44.26	46.48	53.44
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	39.64	42.02	48.14
Numero de Golpes	13	17	22
Peso del agua (g)	4.62	4.46	5.30
Peso del Suelo Seco (g)	23.65	23.97	30.19
Contenido de Humedad (%)	19.53	18.61	17.56

**GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO**



**Observaciones:**

- MATERIAL NATURAL.  
- NO PRESENTA INDICE DE PLASTICIDAD.

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**TEMA** : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
**PROVINCIA** : HUANCAYO  
**CLIENTE** : Karem Gilvonio.

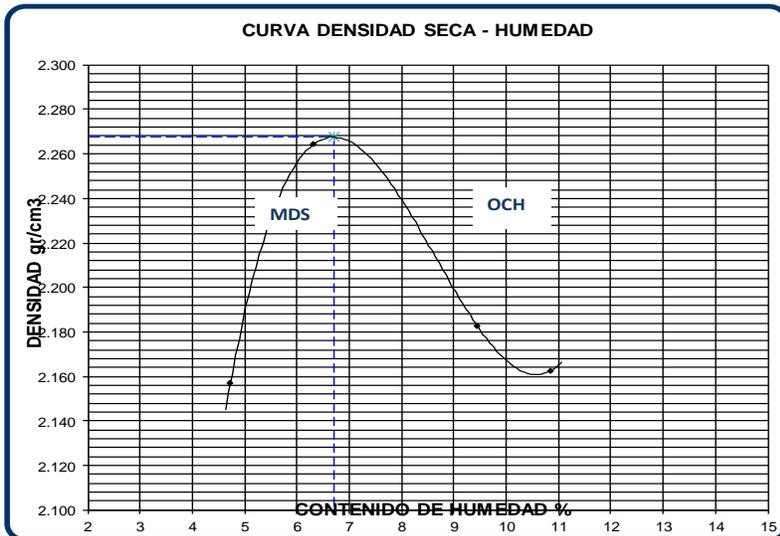
**DEPARTAMENTO** : JUNIN  
**FECHA** : 26-04-18

### COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (MTC E 115)

**CANTERA** : HUANCAVELICA  
**MUESTRA** : M - 1

**HECHO POR** : K. GILVONIO  
**APROBADO POR** : ING. AUGUSTO GARCIA

Metodo de compactacion		C			
Numero de golpes		56			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA		1	2	3	4
1. Peso suelo humedo. + molde	g	11087	11389	11354	11367
2. Peso del molde	g	6485	6485	6488	6485
3. Volumen del molde	cc	2037	2037	2037	2037
4. Peso suelo humedo	g	4602	4904	4866	4882
<b>5. Densidad suelo humedo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2.259</b>	<b>2.407</b>	<b>2.389</b>	<b>2.397</b>
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula Nº		T-08	TARA T	T-P 01	TP-02
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	449.0	436.0	410.0	450.0
8. Peso del suelo seco+capsula	g	431.0	413.0	379.0	411.0
9. Peso del agua	g	18.0	23.0	31.0	39.0
10. Peso de la capsula	g	50.0	49.0	51.0	51.0
11. Peso del suelo seco	g	381.0	364.0	328.0	360.0
12. Contenido de humedad	%	4.72	6.32	9.45	10.83
<b>13. Promedio de cont. de humedad</b>	<b>%</b>	<b>4.7</b>	<b>6.3</b>	<b>9.5</b>	<b>10.8</b>
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
<b>14. Densidad seca del suelo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2.157</b>	<b>2.264</b>	<b>2.183</b>	<b>2.162</b>



#### DATOS DE LA GRANULOMETRIA

##### Certificado:

Finos < No 4 30.2 %  
Gruesos > No 4, < 3/4" 69.8 %

#### RESULTADOS

<b>Humedad optima (%)</b>	<b>6.7</b>
<b>Densidad Maxima (g/cm³)</b>	<b>2.268</b>

##### Observaciones:

- MATERIAL NATURAL.

---



---



---



---



---



# ICCSAH S.A.C.

INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.

DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 30-04-18

### ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) ( MTC E132 )

CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : M - 1

HECHO POR : K. GILVONIO  
 APROBADO POR : ING. AUGUSTO GARCIA

#### DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2,268	g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	6,71	%

CAPACIDAD	:	10000	Lbs.
ANILLO	:	1	

Cond. de la muestra	25		32		15	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde Nº	25		32		15	
Nº Capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		10	
Peso molde + suelo húmedo (g)	9581		9079		8920	
Peso de molde (g)	4208		4129		4157	
Peso del suelo húmedo (g)	5373		4950		4763	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2127		2113		2119	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2,526		2,343		2,248	
Humedad (%)	8,55		8,65		8,99	
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2,327		2,156		2,063	
Tarro Nº	25		32		15	
Tarro + Suelo húmedo (g)	943,00		1003,60		1074,80	
Tarro + Suelo seco (g)	873,60		930,80		993,50	
Peso del Agua (g)	69,40		72,80		81,30	
Peso del tarro (g)	61,50		89,20		89,50	
Peso del suelo seco (g)	812,10		841,60		904,00	
Humedad (%)	8,55		8,65		8,99	

#### EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

#### PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE Nº 25				MOLDE Nº 32				MOLDE Nº 15			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0,000		0	0			0	0			0	0		
0,025		15	61			5	26			2	15		
0,050		51	186			24	93			7	34		
0,075		84	302			59	235			19	77		
0,100	70,3	169	566	470,00	34,6	98	351	400,00	29,5	37	138	360,00	26,5
0,125		205	835			144	512			103	368		
0,150		258	1004			193	684			140	498		
0,200	105,0	328	1349	930,00	45,9	246	870	800,00	39,5	183	649	710,00	35,0
0,300		415	1562			306	1376			231	887		
0,400		495	1874			360	1570			291	1128		
0,500			0				0						

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**TEMA** : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
**PROVINCIA** : HUANCAYO  
**CLIENTE** : Karem Gilvonio.

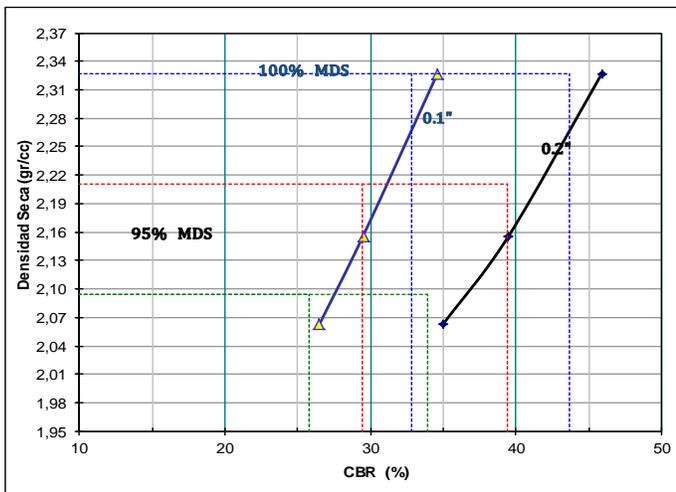
**DEPARTAMENTO** : JUNIN  
**FECHA** : 30-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)**  
 ( MTC E132 )

**CANTERA** : HUANCAVELICA  
**MUESTRA** : M - 1

**HECHO POR** : K. GILVONIO  
**APROBADO POR** : ING. AUGUSTO GARCIA

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**

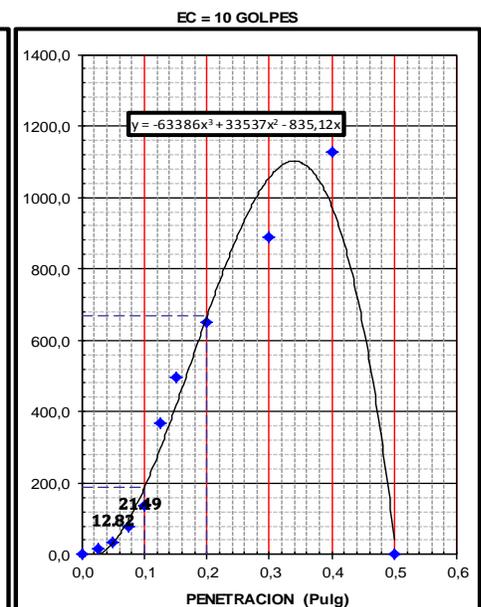
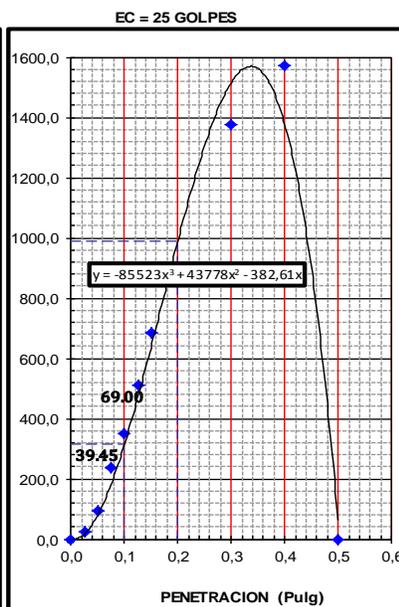
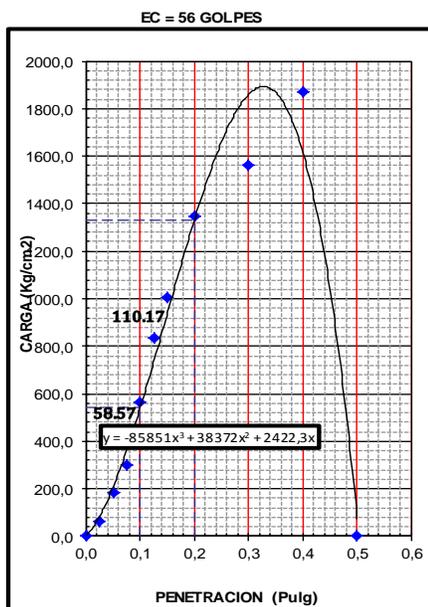


**RESULTADOS:**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	32,8	0.2":	43,7
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	29,4	0.2":	39,4

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2,268	g/cc
Optimo Humedad	6,71	%

**OBSERVACIONES:**  
 - MATERIAL NATURAL



## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**TEMA :** TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
**PROVINCIA :** HUANCAYO  
**CLIENTE :** Karem Gilvonio.  
**CANTERA :** HUANCAVELICA  
**MUESTRA :** M - 1

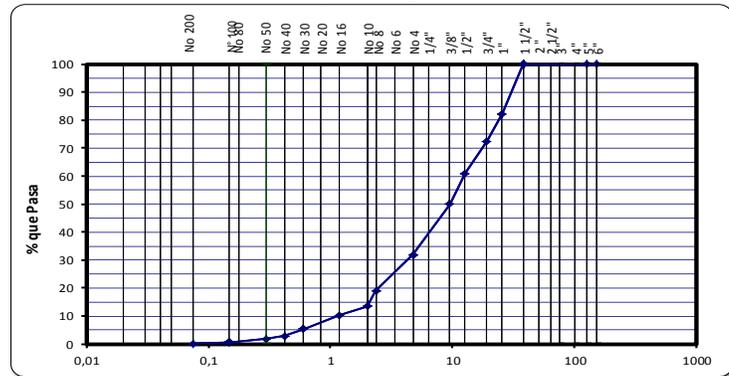
**DEPARTAMENTO :** JUNIN  
**FECHA :** 25-04-18  
**HECHO POR :** K. GILBONIO  
**REVISADO POR :** ING. AUGUSTO GARCIA

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101,600				
3"	76,200				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				
1 1/2"	38,100				100,0
1"	25,400	531,0	17,7	17,7	82,3
3/4"	19,050	295,0	9,8	27,5	72,5
1/2"	12,700	347,0	11,6	39,1	60,9
3/8"	9,525	326,0	10,9	50,0	50,0
1/4"	6,350				
No. 4	4,760	542,0	18,1	68,0	32,0
No. 8	2,360	387,0	12,9	80,9	19,1
No. 10	2,000	168,0	5,6	86,5	13,5
No. 16	1,190	98,0	3,3	89,8	10,2
No. 20	0,834				
No. 30	0,600	145,0	4,8	94,6	5,4
No. 40	0,420	78,0	2,6	97,2	2,8
No. 50	0,300	28,0	0,9	98,2	1,8
No. 60	0,250				
No. 80	0,177				
No. 100	0,149	35,0	1,2	99,3	0,7
No. 200	0,075	17,0	0,6	99,9	0,1
< No. 200		3,0	0,1	100,0	
		3000,00			

**CLASIFICACIÓN SUCS :** GM  
**CLASIFICACIÓN AASHTO :** #DIV/0!

**Grava limosa, mezcla grava - arena - limo**

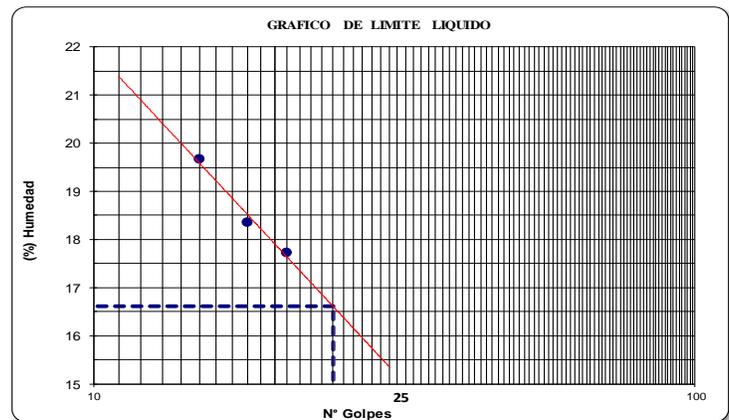


**Peso Inicial (g) :** 3000,00      **Peso Fracción (g) :** 2041,00  
**Material Grueso > N° 16: (g) :** 1521,00  
**Material Grueso < N° 16: (g) :** 306,00

### DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO (MTC E 111)		HUM. NAT. (MTC E 108)
	SC-01	RT	MT
Capsula Nro			
Peso de la Capsula (g)			8,92
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)			16,23
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)			15
Peso del Agua (g)			1
Peso del Suelo Seco (g)			6
Contenido de Humedad (%)			18,09
<b>PROMEDIO</b>	<b>NP</b>		<b>18,09</b>

**CONSTANTES FÍSICAS**  
**LIMITE LIQUIDO :** 16,6      **LIMITE PLÁSTICO :** NP      **IND. PLASTICIDAD :** NP



	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)		
	TP-01	T	Z
Capsula Nro			
Peso de la Capsula (g)	16,1	18,2	17,47
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	44,27	46,39	51,08
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	39,64	42,02	46,02
Numero de Golpes	15	18	21
Peso del agua (g)	4,63	4,37	5,06
Peso del Suelo Seco (g)	23,54	23,82	28,55
Contenido de Humedad (%)	19,67	18,35	17,72

**Observaciones:**

- MATERIAL NATURAL.  
- NO PRESENTA INDICE DE PLASTICIDAD.

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**TEMA** : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
**PROVINCIA** : HUANCAYO  
**CLIENTE** : Karem Gilvonio.

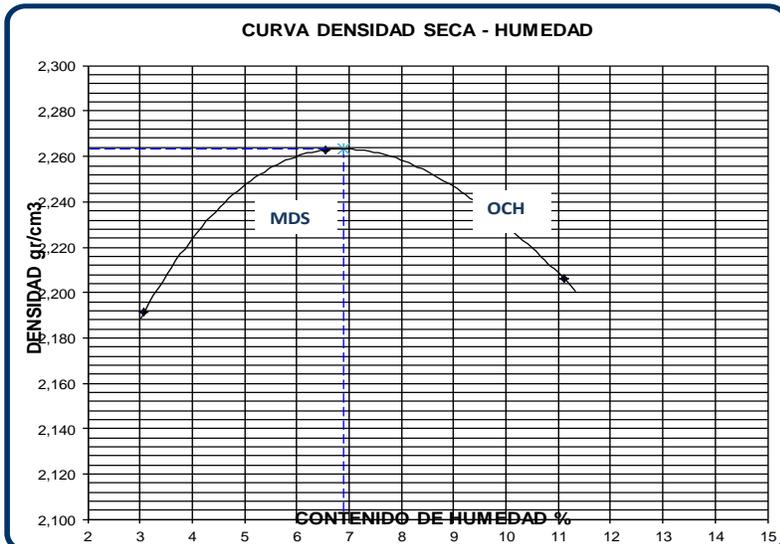
**DEPARTAMENTO** : JUNIN  
**FECHA** : 26-04-18

**COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA  
(MTC E 115)**

**CANTERA** : HUANCAVELICA  
**MUESTRA** : M - 1

**HECHO POR** : K. GILBONIO  
**APROBADO POR** : ING. AUGUSTO GARCIA

Metodo de compactacion					C
Numero de golpes					56
Numero de capas					5
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA		1	2	3	4
1. Peso suelo humedo. + molde	g	11086	11396	11483	11478
2. Peso del molde	g	6485	6485	6488	6485
3. Volumen del molde	cc	2037	2037	2037	2037
4. Peso suelo humedo	g	4601	4911	4995	4993
<b>5. Densidad suelo humedo</b>	g/cc	2,259	2,411	2,452	2,451
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		T-02	R	T-P 15	TP-05
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	453,0	441,0	422,0	451,0
8. Peso del suelo seco+capsula	g	441,0	417,0	389,0	411,0
9. Peso del agua	g	12,0	24,0	33,0	40,0
10. Peso de la capsula	g	51,0	50,0	50,0	51,0
11. Peso del suelo seco	g	390,0	367,0	339,0	360,0
12. Contenido de humedad	%	3,08	6,54	9,73	11,11
<b>13. Promedio de cont. de humedad</b>	%	3,1	6,5	9,7	11,1
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
<b>14. Densidad seca del suelo</b>	g/cc	2,191	2,263	2,235	2,206



DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
<b>Certificado:</b>	
Finos < No 4	32,0 %
Gruesos > No 4, < 3/4"	68,0 %

RESULTADOS	
<b>Humedad optima (%)</b>	6,9
<b>Densidad Maxima (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2,263

**Observaciones:**  
- MATERIAL NATURAL.



# ICCSAH S.A.C.

INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO

PROVINCIA : HUANCAYO

CLIENTE : Karem Gilvono.

DEPARTAMENTO : JUNIN

FECHA : 30-04-18

### ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

( MTC E132 )

CANTERA : HUANCAVELICA

MUESTRA : M - 1

HECHO POR : K. GILBONIO

APROBADO POR : ING. AUGUSTO GARCIA

#### DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2,263	g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	6,88	%

CAPACIDAD	:	10000	Lbs.
ANILLO	:	1	

Cond. de la muestra	MOLDE Nº 56		MOLDE Nº 25		MOLDE Nº 10	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde Nº	56		25		10	
Nº Capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		10	
Peso molde + suelo húmedo (g)	9613		9594		9513	
Peso de molde (g)	4252		4598		4682	
Peso del suelo húmedo (g)	5361		4996		4831	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2127		2113		2119	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2,520		2,364		2,280	
Humedad (%)	7,04		8,54		7,67	
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2,354		2,178		2,118	
Tarro Nº	25		25		15	
Tarro + Suelo húmedo (g)	583,00		458,00		471,00	
Tarro + Suelo seco (g)	548,00		426,00		441,00	
Peso del Agua (g)	35,00		32,00		30,00	
Peso del tarro (g)	51,00		51,50		50,00	
Peso del suelo seco (g)	497,00		374,50		391,00	
Humedad (%)	7,04		8,54		7,67	

#### EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

#### PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE Nº 56				MOLDE Nº 25				MOLDE Nº 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0,000		0	0			0	0			0	0		
0,025		0,64	24			0,64	27			0,64	15		
0,050		1,27	58			1,27	70			1,27	38		
0,075		1,91	115			1,91	137			1,91	75		
0,100	70,3	2,54	200	470,00	34,6	2,54	116	400,00	29,5	2,54	103	360,00	26,5
0,125		3,18	305			3,18	298			3,18	278		
0,150		3,81	435			3,81	426			3,81	415		
0,200	105,0	5,08	775	930,00	45,9	5,08	735	800,00	39,5	5,08	731	710,00	35,0
0,300		7,62	1695			7,62	1538			7,62	1547		
0,400		10,16	1934			10,16	1834			10,16	1802		
0,500		12,70	2015			12,70	1987			12,70	1968		

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**TEMA** : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
**PROVINCIA** : HUANCAYO  
**CLIENTE** : Karem Gilvonio.

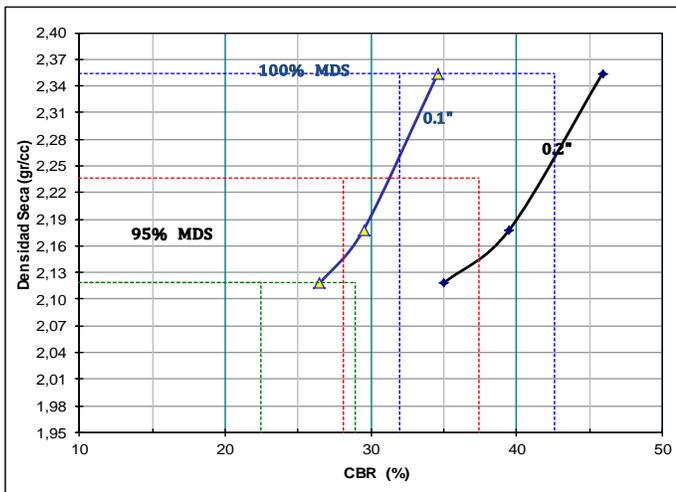
**DEPARTAMENTO** : JUNIN  
**FECHA** : 30-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)**  
 (MTC E132)

**CANTERA** : HUANCAVELICA  
**MUESTRA** : M - 1

**HECHO POR** : K. GILBONIO  
**APROBADO POR** : ING. AUGUSTO GARCIA

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**



**RESULTADOS:**

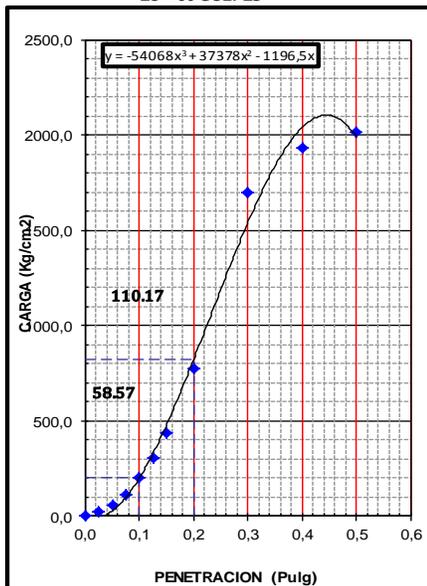
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	32,0	0.2":	42,6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	28,1	0.2":	37,4

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2,263	g/cc
Optimo Humedad	6,88	%

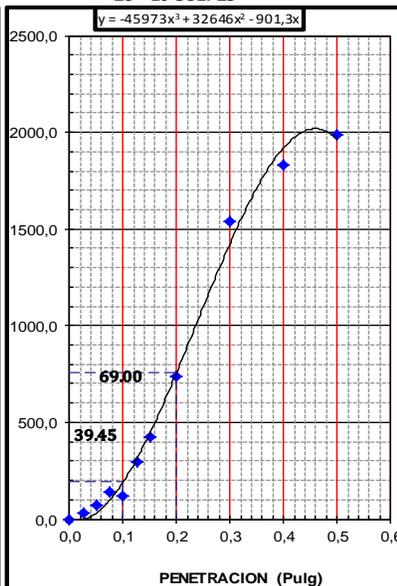
**OBSERVACIONES:**

- MATERIAL NATURAL

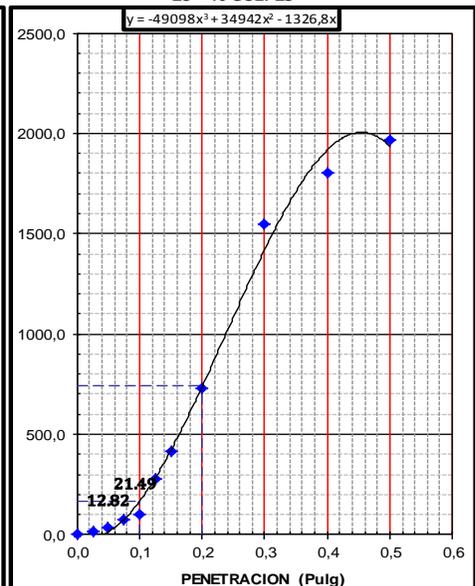
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**TEMA :** TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
**PROVINCIA :** HUANCAYO  
**CLIENTE :** Karem Gilvonio.  
**CANTERA :** HUANCAVELICA  
**MUESTRA :** M - 1

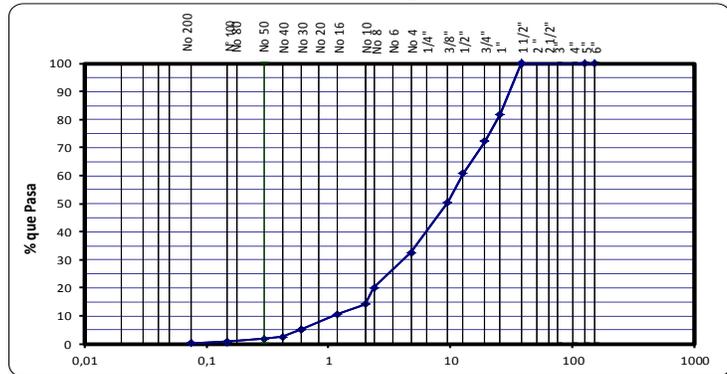
**DEPARTAMENTO :** JUNIN  
**FECHA :** 25-04-18  
**HECHO POR :** K. GILBONIO  
**REVISADO POR :** ING. AUGUSTO GARCIA

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
(MTC E 107)**

Tamiz ASTM	Abertura ( mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101,600				
3"	76,200				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				
1 1/2"	38,100				100,0
1"	25,400	542,0	18,1	18,1	81,9
3/4"	19,050	289,0	9,6	27,7	72,3
1/2"	12,700	343,0	11,4	39,1	60,9
3/8"	9,525	313,0	10,4	49,6	50,4
1/4"	6,350				
No. 4	4,760	538,0	17,9	67,5	32,5
No. 8	2,360	373,0	12,4	79,9	20,1
No. 10	2,000	176,0	5,9	85,8	14,2
No. 16	1,190	108,0	3,6	89,4	10,6
No. 20	0,834				
No. 30	0,600	162,0	5,4	94,8	5,2
No. 40	0,420	79,0	2,6	97,4	2,6
No. 50	0,300	24,0	0,8	98,2	1,8
No. 60	0,250				
No. 80	0,177				
No. 100	0,149	27,0	0,9	99,1	0,9
No. 200	0,075	19,0	0,6	99,8	0,2
< No. 200		7,0	0,2	100,0	
		3000,00			

**CLASIFICACIÓN SUCS :** GM  
**CLASIFICACIÓN AASHTO :** #DIV/0!

**Grava limosa, mezcla grava - arena - limo**



**Peso Inicial (g) :** 3000,00      **Peso Fraccion (g) :** 2025,00  
**Material Grueso > N° 16: (g) :** 1508,00  
**Material Grueso < N° 16: (g) :** 318,00

**DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL**

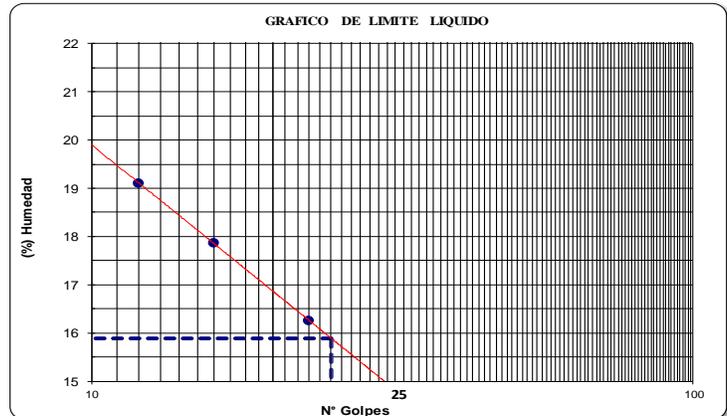
	LIMITE PLASTICO (MTC E 111)		HUM. NAT. (MTC E 108)
	T	Z	
Capsula Nro			MT
Peso de la Capsula (g)			16
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)			32,3
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)			31
Peso del Agua (g)			2
Peso del Suelo Seco (g)			15
Contenido de Humedad (%)			10,88
<b>PROMEDIO</b>	<b>NP</b>		<b>10,88</b>

	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)		
	C02	IP	R
Capsula Nro			
Peso de la Capsula (g)	16,2	18,1	17,46
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	52,80	45,23	49,50
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	46,93	41,12	45,02
Numero de Golpes	12	16	23
Peso del agua (g)	5,87	4,11	4,48
Peso del Suelo Seco (g)	30,73	23,02	27,56
Contenido de Humedad (%)	19,10	17,85	16,26

**CONSTANTES FÍSICAS**

**LIMITE LIQUIDO :** 15,9      **LIMITE PLÁSTICO :** NP      **IND. PLASTICIDAD :** NP

**GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO**



**Observaciones:**

- MATERIAL NATURAL. (M 90 -10)  
 - NO PRESENTA INDICE DE PLASTICIDAD.

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.

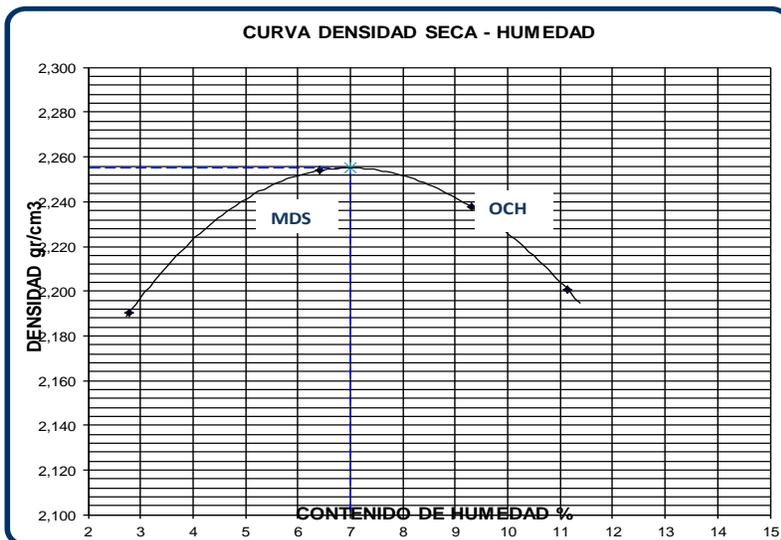
DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 26-04-18

### COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (MTC E 115)

CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : M - 1

HECHO POR : K. GILBONIO  
 APROBADO POR : ING. AUGUSTO GARCIA

Metodo de compactacion		C			
Numero de golpes		56			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA		1	2	3	4
1. Peso suelo humedo. + molde	g	11072	11374	11471	11469
2. Peso del molde	g	6486	6488	6489	6487
3. Volumen del molde	cc	2037	2037	2037	2037
4. Peso suelo humedo	g	4586	4886	4982	4982
5. Densidad suelo humedo	g/cc	2,251	2,399	2,446	2,446
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula Nº		T-02	T-01	T-P 15	TP-05
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	456,0	448,0	426,0	450,0
8. Peso del suelo seco+capsula	g	445,0	424,0	394,0	410,0
9. Peso del agua	g	11,0	24,0	32,0	40,0
10. Peso de la capsula	g	50,0	50,0	50,0	51,0
11. Peso del suelo seco	g	395,0	374,0	344,0	359,0
12. Contenido de humedad	%	2,78	6,42	9,30	11,14
13. Promedio de cont. de humedad	%	2,8	6,4	9,3	11,1
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	g/cc	2,190	2,254	2,238	2,201



#### DATOS DE LA GRANULOMETRIA

##### Certificado:

Finos < No 4 32,5 %  
 Gruesos > No 4, < 3/4" 67,5 %

#### RESULTADOS

Humedad optima (%) 7,0  
 Densidad Maxima (g/cm³) 2,255

##### Observaciones:

- MATERIAL NATURAL.



INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

PROYECTO : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.

DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 30-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)**  
 ( MTC E132 )

CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : M - 1

HECHO POR : K. GILBONIO  
 APROBADO POR : ING. AUGUSTO GARCIA

**DATOS DEL PROCTOR**

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2,255 g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	7,00 %

CAPACIDAD	:	10000	Lbs.
ANILLO	:	↑	

Cond. de la muestra	MOLDE Nº 56		MOLDE Nº 25		MOLDE Nº 10	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (g)	9653		9594		9513	
Peso de molde (g)	4252		4598		4682	
Peso del suelo húmedo (g)	5401		4996		4831	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2127		2113		2119	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2,539		2,364		2,280	
Humedad (%)	10,06		11,48		10,23	
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2,307</b>		<b>2,121</b>		<b>2,068</b>	
Tarro Nº	25		25		15	
Tarro + Suelo húmedo (g)	598,00		469,00		481,00	
Tarro + Suelo seco (g)	548,00		426,00		441,00	
Peso del Agua (g)	50,00		43,00		40,00	
Peso del tarro (g)	51,00		51,50		50,00	
Peso del suelo seco (g)	497,00		374,50		391,00	
<b>Humedad (%)</b>	<b>10,06</b>		<b>11,48</b>		<b>10,23</b>	

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

**PENETRACION**

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE Nº 56				MOLDE Nº 25				MOLDE Nº 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0,000		0	0			0	0			0	0		
0,025		0,64	21			0,64	22			0,64	18		
0,050		1,27	64			1,27	77			1,27	42		
0,075		1,91	132			1,91	164			1,91	81		
0,100	70,3	2,54	264	470,00	34,6	2,54	187	400,00	29,5	2,54	115	360,00	26,5
0,125		3,18	305			3,18	315			3,18	316		
0,150		3,81	652			3,81	546			3,81	494		
0,200	105,0	5,08	856	930,00	45,9	5,08	816	800,00	39,5	5,08	806	710,00	35,0
0,300		7,62	1768			7,62	1634			7,62	1654		
0,400		10,16	1997			10,16	1893			10,16	1867		
0,500		12,70	2415			12,70	2148			12,70	2132		

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**TEMA** : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
**PROVINCIA** : HUANCAYO  
**CLIENTE** : Karem Gilvonio.

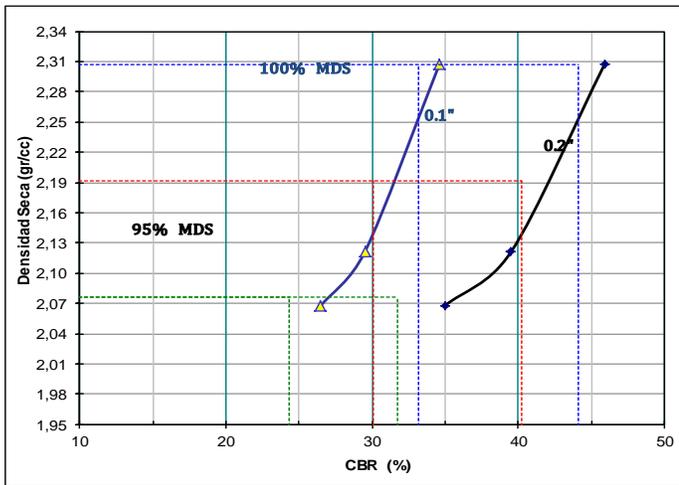
**DEPARTAMENTO** : JUNIN  
**FECHA** : 30-04-18

### ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) ( MTC E132 )

**CANTERA** : HUANCAVELICA  
**MUESTRA** : M - 1

**HECHO POR** : K. GILBONIO  
**APROBADO POR** : ING. AUGUSTO GARCIA

#### GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



**RESULTADOS:**

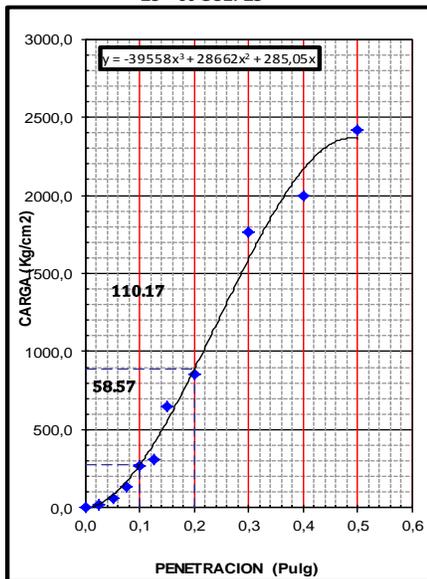
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	33,2	0.2":	44,1
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	30,1	0.2":	40,2

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2,255	g/cc
Optimo Humedad	7,00	%

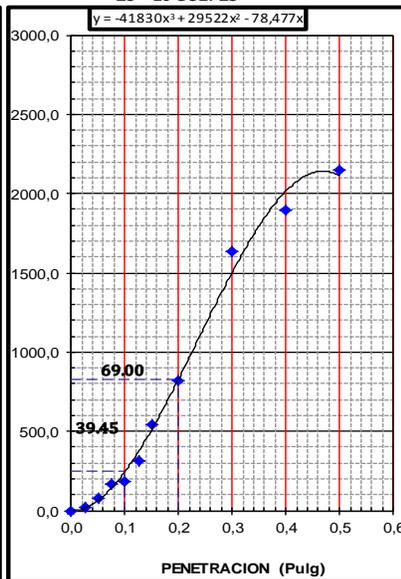
**OBSERVACIONES:**

- MATERIAL NATURAL

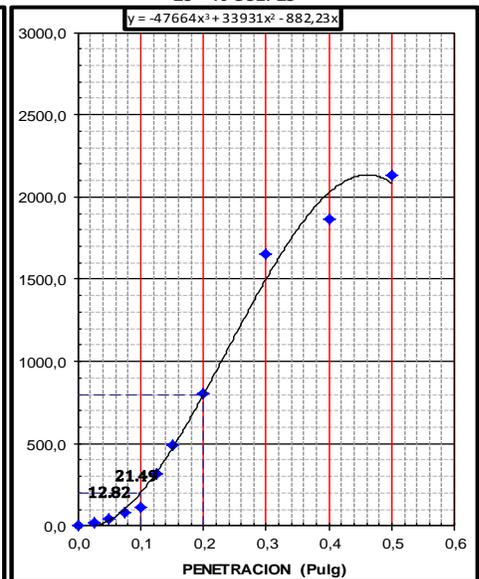
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.  
 CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : M - 1

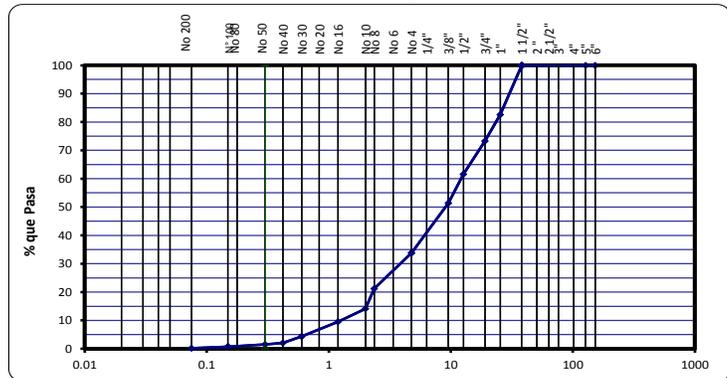
DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 25-04-18  
 HECHO POR : K. GILVONIO  
 REVISADO POR : ING. AUGUSTO GARCIA

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	522.0	17.4	17.4	82.6
3/4"	19.050	281.0	9.4	26.8	73.2
1/2"	12.700	351.0	11.7	38.5	61.5
3/8"	9.525	305.0	10.2	48.6	51.4
1/4"	6.350				
No. 4	4.760	528.0	17.6	66.2	33.8
No. 8	2.360	376.0	12.5	78.8	21.2
No. 10	2.000	214.0	7.1	85.9	14.1
No. 16	1.190	137.0	4.6	90.5	9.5
No 20	0.834				
No 30	0.600	154.0	5.1	95.6	4.4
No. 40	0.420	71.0	2.4	98.0	2.0
No. 50	0.300	16.0	0.5	98.5	1.5
No. 60	0.250				
No. 80	0.177				
No. 100	0.149	23.0	0.8	99.3	0.7
No. 200	0.075	17.0	0.6	99.8	0.2
< No. 200		5.0	0.2	100.0	
		3000.00			

CLASIFICACIÓN SUCS : GM  
 CLASIFICACIÓN AASHTO : #1DIV/01

Grava limosa, mezcla grava - arena - limo



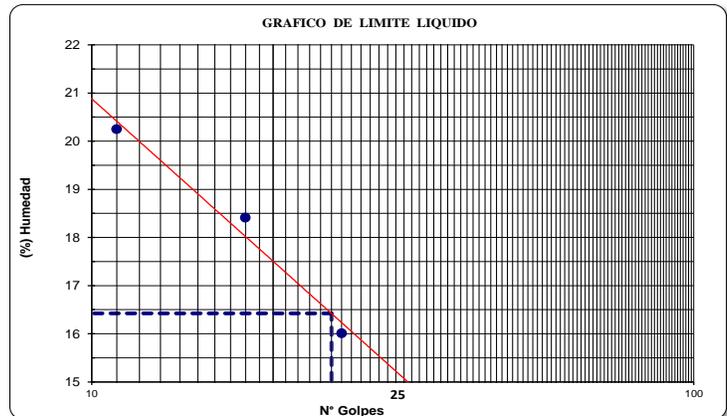
Peso Inicial (g) : 3000.00      Peso Fraccion (g) : 1987.00  
 Material Grueso > N° 16: (g) : 1560.00  
 Material Grueso < N° 16: (g) : 286.00

### DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

Capsula Nro	LIMITE PLASTICO (MTC E 111)		HUM. NAT. (MTC E 108)
	T	Z	MT
Peso de la Capsula (g)			16
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)			32.3
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)			31
Peso del Agua (g)			2
Peso del Suelo Seco (g)			15
Contenido de Humedad (%)			10.88
<b>PROMEDIO</b>		<b>NP</b>	<b>10.88</b>

CONSTANTES FÍSICAS  
 LIMITE LIQUIDO : 16.4      LIMITE PLÁSTICO : NP      IND. PLASTICIDAD : NP

Capsula Nro	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)		
	TP	Z	R
Peso de la Capsula (g)	16	17.3	17.35
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	56.80	46.69	49.60
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	49.93	42.12	45.15
Numero de Golpes	11	18	26
Peso del agua (g)	6.87	4.57	4.45
Peso del Suelo Seco (g)	33.93	24.82	27.80
Contenido de Humedad (%)	20.25	18.41	16.01



**Observaciones:**

- MATERIAL NATURAL. (M 85-15)  
 - NO PRESENTA INDICE DE PLASTICIDAD.



INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.

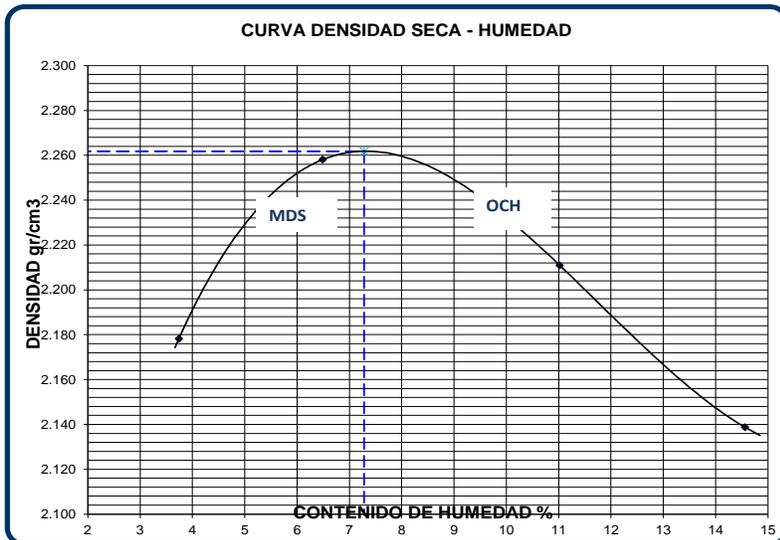
DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 26-04-18

**COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA  
 (MTC E 115)**

CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : M - 1

HECHO POR : K. GILVONIO  
 APROBADO POR : ING. AUGUSTO GARCIA

Metodo de compactacion					C
Numero de golpes					56
Numero de capas					5
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
		1	2	3	4
1. Peso suelo humedo. + molde	g	11089	11386	11489	11478
2. Peso del molde	g	6486	6488	6489	6487
3. Volumen del molde	cc	2037	2037	2037	2037
4. Peso suelo humedo	g	4603	4898	5000	4991
<b>5. Densidad suelo humedo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2.260</b>	<b>2.405</b>	<b>2.455</b>	<b>2.450</b>
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		T-01	T-02	T-P 04	TP-03
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	355.0	444.0	322.0	350.0
8. Peso del suelo seco+capsula	g	344.0	420.0	295.0	312.0
9. Peso del agua	g	11.0	24.0	27.0	38.0
10. Peso de la capsula	g	50.0	50.0	50.0	51.0
11. Peso del suelo seco	g	294.0	370.0	245.0	261.0
12. Contenido de humedad	%	3.74	6.49	11.02	14.56
<b>13. Promedio de cont. de humedad</b>	<b>%</b>	<b>3.7</b>	<b>6.5</b>	<b>11.0</b>	<b>14.6</b>
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
<b>14. Densidad seca del suelo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2.178</b>	<b>2.258</b>	<b>2.211</b>	<b>2.139</b>



DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
<b>Certificado:</b>	
Finos < No 4	33.8 %
Gruesos > No 4, < 3/4"	66.2 %

RESULTADOS	
Humedad optima (%)	7.3
Densidad Maxima (g/cm <sup>3</sup> )	2.262

Observaciones:  
 - MATERIAL NATURAL.  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**PROYECTO :** TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
**PROVINCIA :** HUANCAYO  
**CLIENTE :** Karem Gilvonio.

**DEPARTAMENTO :** JUNIN  
**FECHA :** 30-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)**  
( MTC E132 )

**CANTERA :** HUANCAVELICA  
**MUESTRA :** M - 1

**HECHO POR :** K. GILVONIO  
**APROBADO POR :** ING. AUGUSTO GARCIA

**DATOS DEL PROCTOR**

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.262	g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	7.28	%

CAPACIDAD :	<b>10000</b>	Lbs.
ANILLO :	<b>1</b>	

Cond. de la muestra	56		25		10	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	56		25		10	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Peso molde + suelo húmedo (g)	9898		9674		9413	
Peso de molde (g)	4514		4514		4514	
Peso del suelo húmedo (g)	5384		5160		4899	
Volumen del molde (cm3)	2127		2127		2127	
Densidad húmeda (g/cm3)	2.531		2.426		2.303	
Humedad (%)	12.31		10.20		8.08	
<b>Densidad seca (g/cm3)</b>	<b>2.254</b>		<b>2.201</b>		<b>2.131</b>	
Tarro N°	25		25		15	
Tarro + Suelo húmedo (g)	498.00		354.00		371.00	
Tarro + Suelo seco (g)	449.00		326.00		347.00	
Peso del Agua (g)	49.00		28.00		24.00	
Peso del tarro (g)	51.00		51.50		50.00	
Peso del suelo seco (g)	398.00		274.50		297.00	
<b>Humedad (%)</b>	<b>12.31</b>		<b>10.20</b>		<b>8.08</b>	

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

**PENETRACION**

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		0.64	19			0.64	25			0.64	20		
0.050		1.27	56			1.27	68			1.27	52		
0.075		1.91	138			1.91	145			1.91	89		
0.100	70.3	2.54	275	470.00	34.6	2.54	194	400.00	29.5	2.54	135	360.00	26.5
0.125		3.18	324			3.18	354			3.18	334		
0.150		3.81	712			3.81	684			3.81	535		
0.200	105.0	5.08	900	930.00	45.9	5.08	895	800.00	39.5	5.08	851	710.00	35.0
0.300		7.62	1845			7.62	1785			7.62	1498		
0.400		10.16	2014			10.16	2357			10.16	2087		
0.500		12.70	2641			12.70	2545			12.70	2318		

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**TEMA** : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
**PROVINCIA** : HUANCAYO  
**CLIENTE** : Karem Gilvonio.

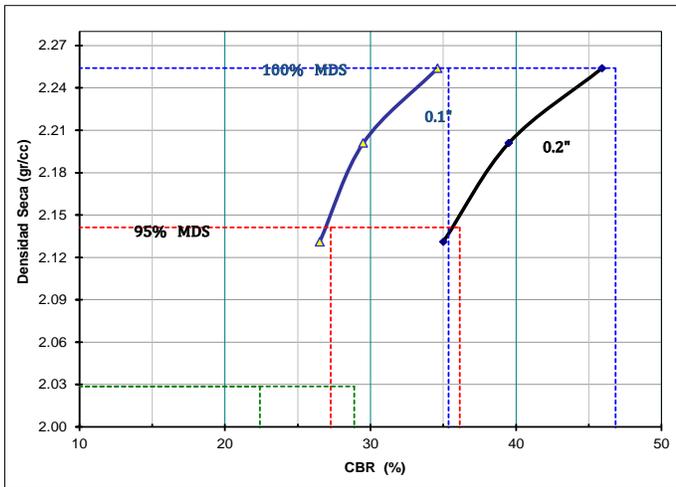
**DEPARTAMENTO** : JUNIN  
**FECHA** : 30-04-18

### ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) (MTC E132)

**CANTERA** : HUANCAVELICA  
**MUESTRA** : M - 1

**HECHO POR** : K. GILVONIO  
**APROBADO POR** : ING. AUGUSTO GARCIA

#### GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



#### RESULTADOS:

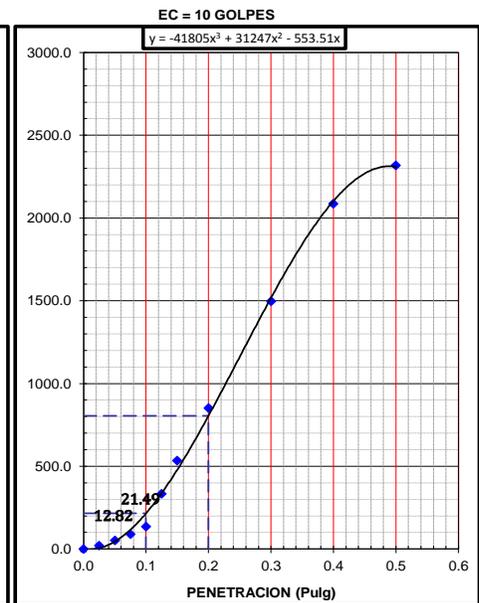
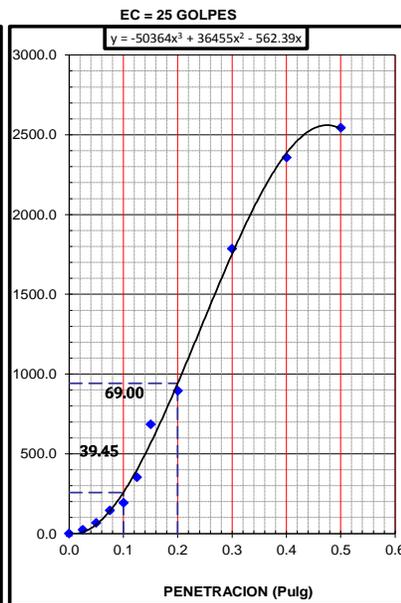
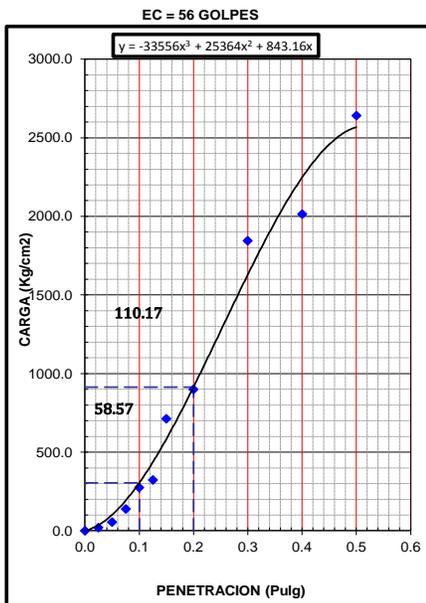
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	35.4	0.2":	46.8
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	27.3	0.2":	36.1

#### Datos del Proctor

Densidad Seca	2.262	g/cc
Optimo Humedad	7.28	%

#### OBSERVACIONES:

- MATERIAL NATURAL



## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.  
 CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : M - 1

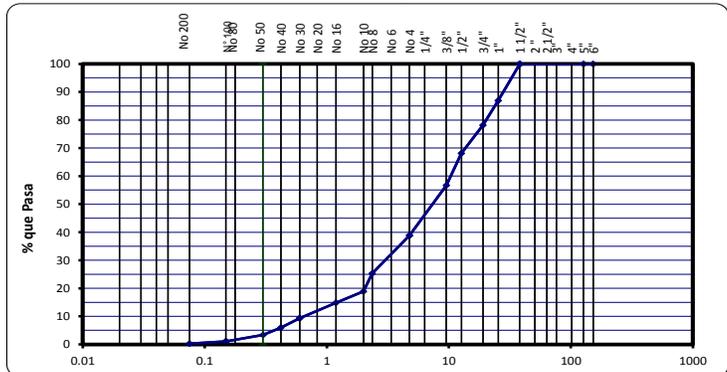
DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 25-04-18  
 HECHO POR : K. GILVONIO  
 REVISADO POR : ING. AUGUSTO GARCIA

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	393.0	13.1	13.1	86.9
3/4"	19.050	262.0	8.7	21.8	78.2
1/2"	12.700	301.0	10.0	31.9	68.1
3/8"	9.525	343.0	11.4	43.3	56.7
1/4"	6.350				
No. 4	4.760	536.0	17.9	61.2	38.8
No. 8	2.360	405.0	13.5	74.7	25.3
No. 10	2.000	193.0	6.4	81.1	18.9
No. 16	1.190	122.0	4.1	85.2	14.8
No 20	0.834				
No 30	0.600	166.0	5.5	90.7	9.3
No. 40	0.420	100.0	3.3	94.0	6.0
No. 50	0.300	78.0	2.6	96.6	3.4
No. 60	0.250				
No. 80	0.177				
No. 100	0.149	68.0	2.3	98.9	1.1
No. 200	0.075	24.0	0.8	99.7	0.3
< No. 200		9.0	0.3	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : GM  
 CLASIFICACIÓN AASHTO : A-1-a(0)

Grava limosa, mezcla grava - arena - limo



Peso Inicial (g) : 3000.00      Peso Fraccion (g) : 1835.00  
 Material Grueso > N° 16: (g) : 2555.00  
 Material Grueso < N° 16: (g) : 445.00

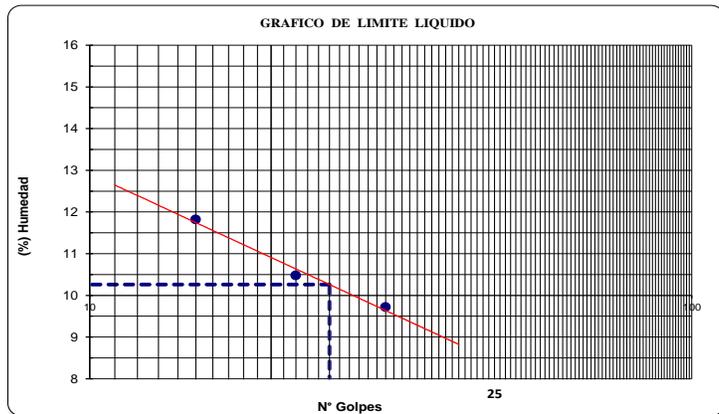
### DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO (MTC E 111)		HUM. NAT. (MTC E 108)
Capsula Nro	10	35	14
Peso de la Capsula (g)	4.67	4.43	284.2
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	9.17	9.11	2138
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	8.80	8.96	2078
Peso del Agua (g)	0.37	0.15	60
Peso del Suelo Seco (g)	4.13	4.53	1794
Contenido de Humedad (%)	8.96	3.31	3.34
<b>PROMEDIO</b>	<b>6.14</b>		<b>3.34</b>

### CONSTANTES FISICAS

LIMITE LIQUIDO : 10.3      LIMITE PLÁSTICO : 6.1      IND. PLASTICIDAD : 4.1

	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)		
Capsula Nro	33	9	37
Peso de la Capsula (g)	37.6	49.2	37.9
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	62.20	86.10	72.90
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	59.60	82.6	69.80
Numero de Golpes	15	22	31
Peso del agua (g)	2.6	3.50	3.10
Peso del Suelo Seco (g)	22	33.4	31.90
Contenido de Humedad (%)	11.82	10.48	9.72



### Observaciones:

- MATERIAL NATURAL. (M 80-20)



INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.

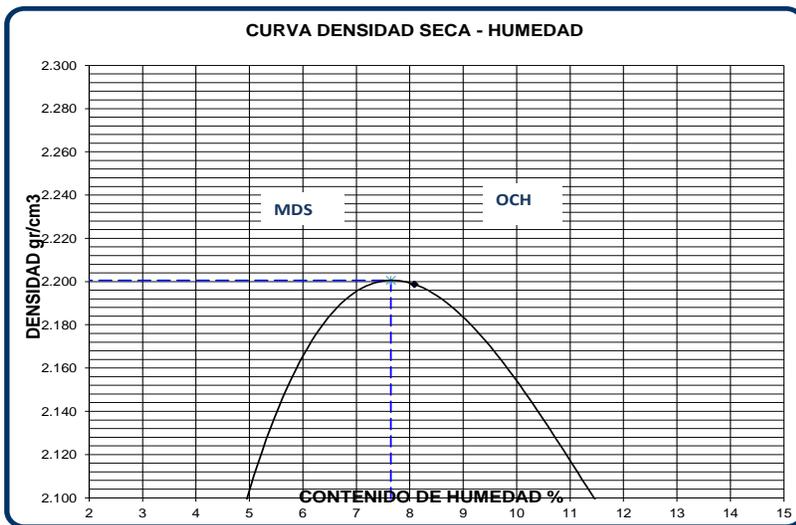
DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 26-04-18

**COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA  
 ( MTC E 115 )**

CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : M - 1

HECHO POR : K. GILVONIO  
 APROBADO POR : ING. AUGUSTO GARCIA

Metodo de compactacion		C			
Numero de golpes		56			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA		1	2	3	4
1. Peso suelo humedo. + molde	g	10937	11326	11247	11222
2. Peso del molde	g	6485	6485	6485	6485
3. Volumen del molde	cc	2037	2037	2037	2037
4. Peso suelo humedo	g	4452	4841	4762	4737
<b>5. Densidad suelo humedo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2.186</b>	<b>2.377</b>	<b>2.338</b>	<b>2.325</b>
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula Nº		T-01	TARA R	T-P	TP-02
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	443.0	345.0	408.0	448.0
8. Peso del suelo seco+capsula	g	425.0	323.0	371.0	405.0
9. Peso del agua	g	18.0	22.0	37.0	43.0
10. Peso de la capsula	g	49.0	51.0	51.0	51.0
11. Peso del suelo seco	g	376.0	272.0	320.0	354.0
12. Contenido de humedad	%	4.79	8.09	11.56	12.15
<b>13. Promedio de cont. de humedad</b>	<b>%</b>	<b>4.8</b>	<b>8.1</b>	<b>11.6</b>	<b>12.1</b>
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
<b>14. Densidad seca del suelo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2.086</b>	<b>2.199</b>	<b>2.095</b>	<b>2.074</b>



DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
<b>Certificado:</b>	
Finos < No 4	38.8 %
Gruesos > No 4, < 3/4"	61.2 %

RESULTADOS	
Humedad optima (%)	7.6
Densidad Maxima (g/cm³)	2.201

**Observaciones:**  
 - MATERIAL NATURAL.

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.

DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 30-04-18

### ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) ( MTC E132 )

CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : M - 1

HECHO POR : K. GILVONIO  
 APROBADO POR : ING. AUGUSTO GARCIA

#### DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.201	g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	7.65	%

CAPACIDAD :	10000	Lbs.
ANILLO :	1	

Molde N°	25		32		15	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (g)	9314		9123		8987	
Peso de molde (g)	4514		4514		4514	
Peso del suelo húmedo (g)	4800		4609		4473	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2127		2113		2119	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.257		2.181		2.111	
Humedad (%)	8.55		8.28		8.99	
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.079</b>		<b>2.014</b>		<b>1.937</b>	
Tarro N°	25		32		15	
Tarro + Suelo húmedo (g)	943.00		1001.60		1074.80	
Tarro + Suelo seco (g)	873.60		931.80		993.50	
Peso del Agua (g)	69.40		69.80		81.30	
Peso del tarro (g)	61.50		89.20		89.50	
Peso del suelo seco (g)	812.10		842.60		904.00	
<b>Humedad (%)</b>	<b>8.55</b>		<b>8.28</b>		<b>8.99</b>	

#### EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

#### PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 25				MOLDE N° 32				MOLDE N° 15			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		15	48			5	31			2	27		
0.050		51	64			24	48			7	30		
0.075		84	215			59	207			19	211		
0.100	70.3	169	361	470.00	34.6	98	365	400.00	29.5	37	307	360.00	26.5
0.125		205	408			144	410			103	399		
0.150		258	489			193	503			140	472		
0.200	105.0	328	861	930.00	45.9	246	853	800.00	39.5	183	813	710.00	35.0
0.300		415	1541			306	1534			231	1642		
0.400		495	2654			360	2536			291	2623		
0.500			3547				3387				3425		

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.

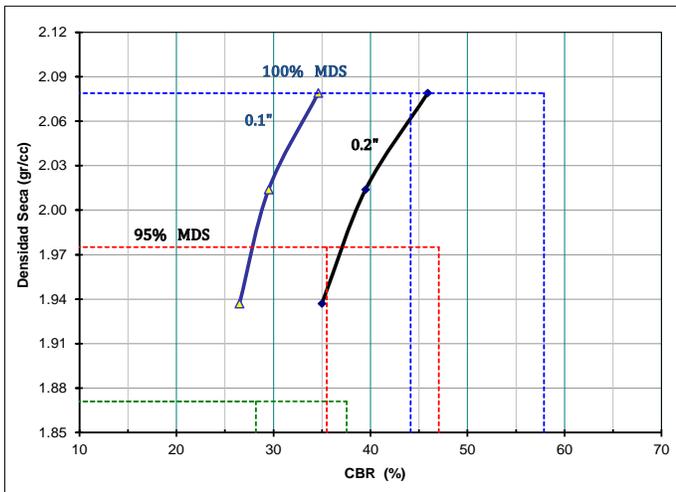
DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 30-04-18

### ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) (MTC E132)

CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : M - 1

HECHO POR : K. GILVONIO  
 APROBADO POR : ING. AUGUSTO GARCIA

#### GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



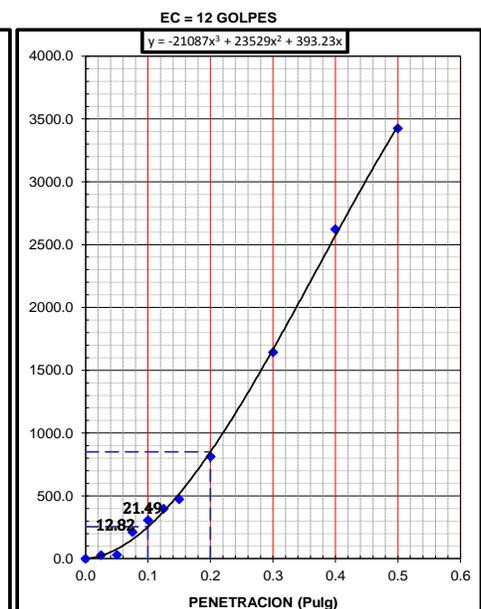
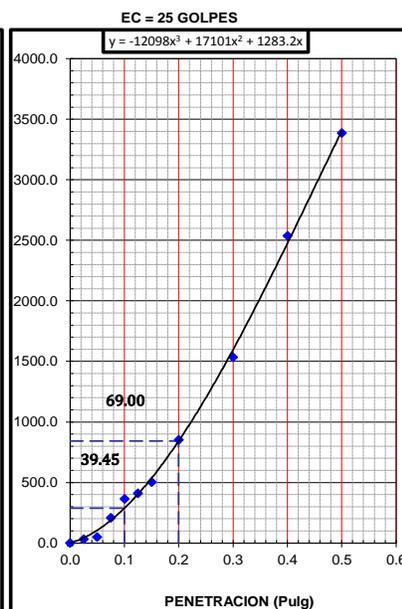
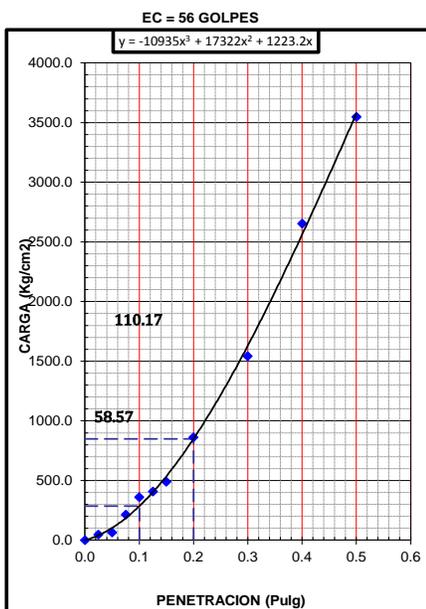
#### RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	44.1	0.2":	57.9
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	35.5	0.2":	47.0

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2.201	g/cc
Optimo Humedad	7.65	%

#### OBSERVACIONES:

- MATERIAL NATURAL



## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.  
 CANTERA : HUANCVELICA  
 MUESTRA : 75-25

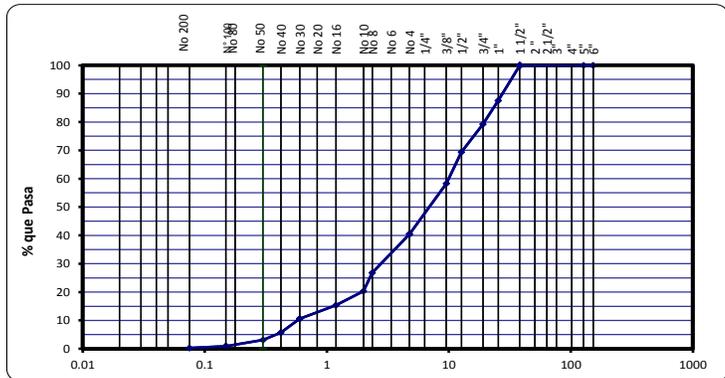
DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 25-04-18  
 HECHO POR : K. GILVONIO  
 REVISADO : ING. AUGUSTO GARCIA

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	373.0	12.4	12.4	87.6
3/4"	19.050	252.0	8.4	20.8	79.2
1/2"	12.700	295.0	9.8	30.7	69.3
3/8"	9.525	332.0	11.1	41.7	58.3
1/4"	6.350				
No. 4	4.760	534.0	17.8	59.5	40.5
No. 8	2.360	410.0	13.7	73.2	26.8
No. 10	2.000	193.0	6.4	79.6	20.4
No. 16	1.190	150.0	5.0	84.6	15.4
No. 20	0.834				
No. 30	0.600	145.0	4.8	89.5	10.5
No. 40	0.420	146.0	4.9	94.3	5.7
No. 50	0.300	76.0	2.5	96.9	3.1
No. 60	0.250				
No. 80	0.177				
No. 100	0.149	66.0	2.2	99.1	0.9
No. 200	0.075	19.0	0.6	99.7	0.3
< No. 200		9.0	0.3	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : GM  
 CLASIFICACIÓN AASHTO : A-1-a(1)

Grava limosa, mezcla grava - arena - limo



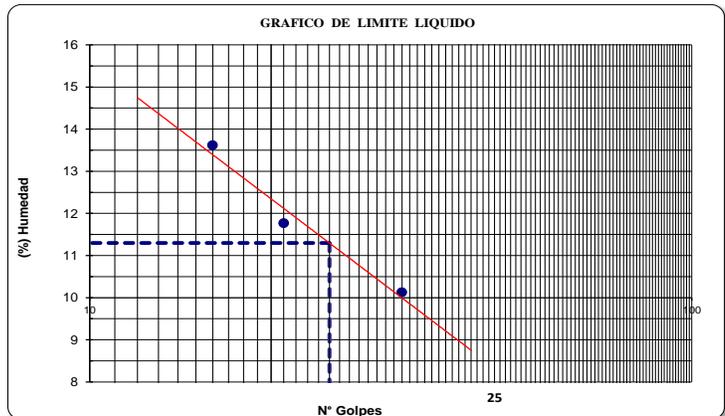
Peso Inicial (g) : 3000.00      Peso Fraccion (g) : 1786.00  
 Material Grueso > N° 16: (g) : 2539.00  
 Material Grueso < N° 16: (g) : 461.00

### DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO (MTC E 111)		HUM. NAT. (MTC E 108)
Capsula Nro	10	35	14
Peso de la Capsula (g)	4.66	4.50	284.2
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	8.46	8.61	2138
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	7.69	7.96	2078
Peso del Agua (g)	0.77	0.65	60
Peso del Suelo Seco (g)	3.03	3.46	1794
Contenido de Humedad (%)	25.41	18.79	3.34
<b>PROMEDIO</b>	<b>22.10</b>		<b>3.34</b>

CONSTANTES FÍSICAS  
 LIMITE LIQUIDO : 11.3      LIMITE PLÁSTICO : 22.1      IND. PLASTICIDAD : -10.8

	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)		
Capsula Nro	33	9	37
Peso de la Capsula (g)	37.8	49.1	38.1
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	62.00	87.10	72.90
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	59.10	83.1	69.70
Numero de Golpes	16	21	33
Peso del agua (g)	2.9	4.00	3.20
Peso del Suelo Seco (g)	21.3	34	31.60
Contenido de Humedad (%)	13.62	11.76	10.13



**Observaciones:**

- MATERIAL NATURAL. (M 75 - 25)

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.

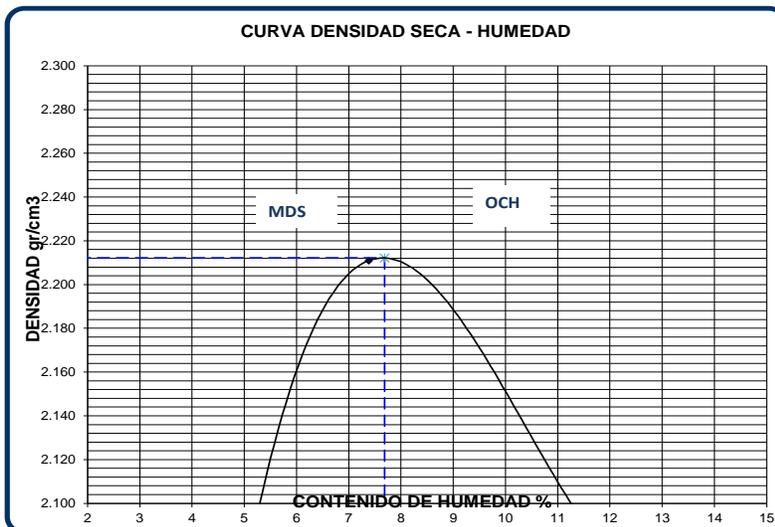
DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 26-04-18

### COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (MTC E 115)

CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : 75-25

HECHO POR : K. GILVONIO  
 APROBADO POR : ING. AUGUSTO GARCIA

Metodo de compactacion	C			
Numero de golpes	56			
Numero de capas	5			
<b>CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1. Peso suelo humedo. + molde	g	10928	11321	11243
2. Peso del molde	g	6485	6485	6485
3. Volumen del molde	cc	2037	2037	2037
4. Peso suelo humedo	g	4443	4836	4758
<b>5. Densidad suelo humedo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2.181</b>	<b>2.374</b>	<b>2.336</b>
<b>CALCULO DE HUMEDAD</b>				
6. Capsula N°		T-01	TARA R	T-P
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	442.0	342.0	406.0
8. Peso del suelo seco+capsula	g	423.0	322.0	370.0
9. Peso del agua	g	19.0	20.0	36.0
10. Peso de la capsula	g	49.0	51.0	51.0
11. Peso del suelo seco	g	374.0	271.0	319.0
12. Contenido de humedad	%	5.08	7.38	11.29
<b>13. Promedio de cont. de humedad</b>	<b>%</b>	<b>5.1</b>	<b>7.4</b>	<b>11.3</b>
<b>CALCULO DE DENSIDAD SECA</b>				
<b>14. Densidad seca del suelo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2.076</b>	<b>2.211</b>	<b>2.099</b>



DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
<b>Certificado:</b>	
Finos < No 4	40.5 %
Gruesos > No 4, < 3/4"	59.5 %

RESULTADOS	
Humedad optima (%)	7.7
Densidad Maxima (g/cm <sup>3</sup> )	2.212

**Observaciones:**

- MATERIAL NATURAL.

---



---



---



---

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.

DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 30-04-18

### ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) ( MTC E132 )

CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : 75-25

HECHO POR : K. GILVONIO  
 APROBADO POR : ING. AUGUSTO GARCIA

#### DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.212	g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	7.69	%

CAPACIDAD	:	10000	Lbs.
ANILLO	:	1	

Cond. de la muestra	25		32		15	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	25		32		15	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Peso molde + suelo húmedo (g)	9298		9118		8992	
Peso de molde (g)	4514		4514		4514	
Peso del suelo húmedo (g)	4784		4604		4478	
Volumen del molde (cm3)	2127		2113		2119	
Densidad húmeda (g/cm3)	2.249		2.179		2.113	
Humedad (%)	8.88		8.36		8.50	
<b>Densidad seca (g/cm3)</b>	<b>2.066</b>		<b>2.011</b>		<b>1.947</b>	
Tarro N°	25		32		15	
Tarro + Suelo húmedo (g)	947.00		1006.60		1075.80	
Tarro + Suelo seco (g)	874.80		935.80		998.50	
Peso del Agua (g)	72.20		70.80		77.30	
Peso del tarro (g)	61.50		89.20		89.50	
Peso del suelo seco (g)	813.30		846.60		909.00	
<b>Humedad (%)</b>	<b>8.88</b>		<b>8.36</b>		<b>8.50</b>	

#### EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

#### PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 25				MOLDE N° 32				MOLDE N° 15			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		15	38			5	42			2	31		
0.050		51	65			24	68			7	67		
0.075		84	235			59	245			19	236		
0.100	70.3	169	384	470.00	34.6	98	367	400.00	29.5	37	311	360.00	26.5
0.125		205	417			144	415			103	408		
0.150		258	496			193	483			140	495		
0.200	105.0	328	875	930.00	45.9	246	862	800.00	39.5	183	854	710.00	35.0
0.300		415	1642			306	1503			231	1605		
0.400		495	2785			360	2698			291	2531		
0.500			3798				3654				3598		

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**TEMA** : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
**PROVINCIA** : HUANCAYO  
**CLIENTE** : Karem Gilvonio.

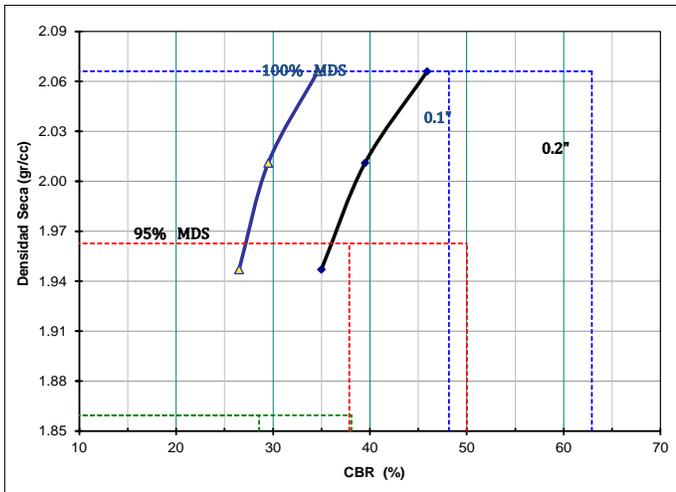
**DEPARTAMENTO** : JUNIN  
**FECHA** : 30-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)**  
 (MTC E132)

**CANTERA** : HUANCAVELICA  
**MUESTRA** : 75-25

**HECHO POR** : K. GILVONIO  
**APROBADO POR** : ING. AUGUSTO GARCIA

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**



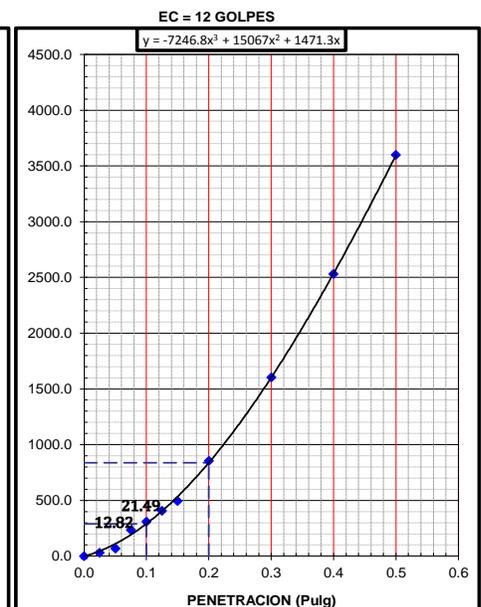
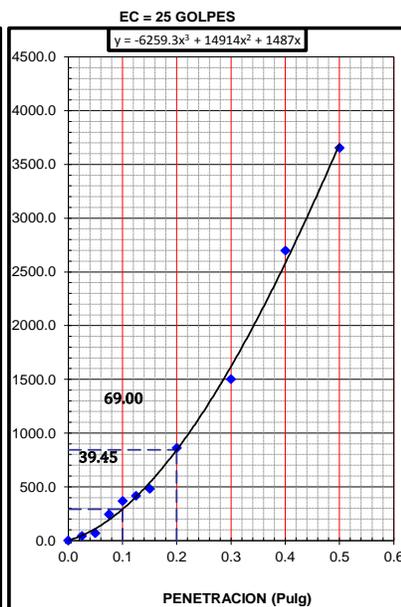
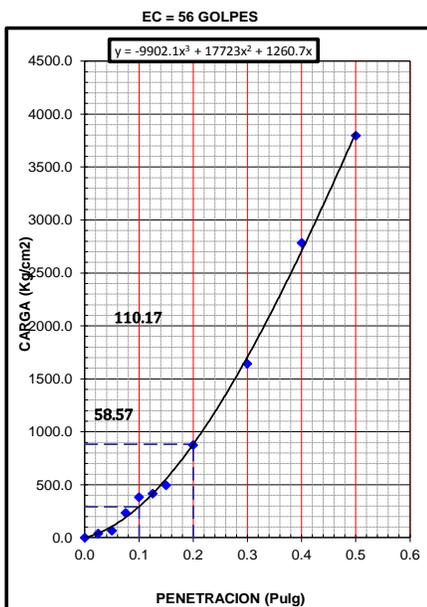
**RESULTADOS:**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	<b>48.1</b>	0.2":	<b>62.9</b>
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	<b>37.9</b>	0.2":	<b>50.0</b>

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2.212	g/cc
Optimo Humedad	7.69	%

**OBSERVACIONES:**

- MATERIAL NATURAL



## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.  
 CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : 70-30

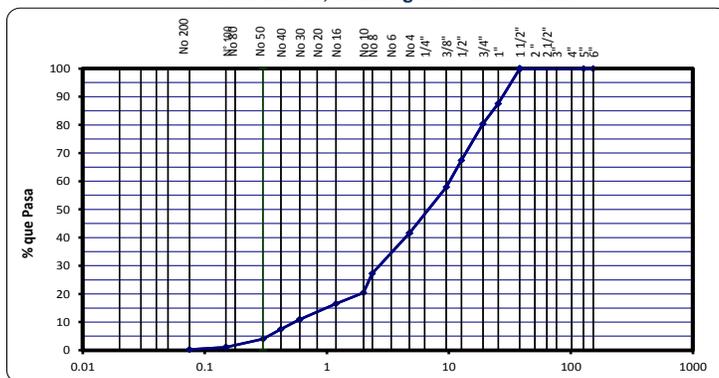
DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 25-04-18  
 HECHO POR : K. GILVONIO  
 REVISADO : ING, AUGUSTO GARCIA

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	373.0	12.4	12.4	87.6
3/4"	19.050	217.0	7.2	19.7	80.3
1/2"	12.700	387.0	12.9	32.6	67.4
3/8"	9.525	285.0	9.5	42.1	57.9
1/4"	6.350				
No. 4	4.760	489.0	16.3	58.4	41.6
No. 8	2.360	431.0	14.4	72.7	27.3
No. 10	2.000	205.0	6.8	79.6	20.4
No. 16	1.190	117.0	3.9	83.5	16.5
No. 20	0.834				
No. 30	0.600	169.0	5.6	89.1	10.9
No. 40	0.420	103.0	3.4	92.5	7.5
No. 50	0.300	105.0	3.5	96.0	4.0
No. 60	0.250				
No. 80	0.177				
No. 100	0.149	87.0	2.9	98.9	1.1
No. 200	0.075	23.0	0.8	99.7	0.3
< No. 200		9.0	0.3	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : GM  
 CLASIFICACIÓN AASHTO : A-2-4(0)

Grava limosa, mezcla grava - arena - limo

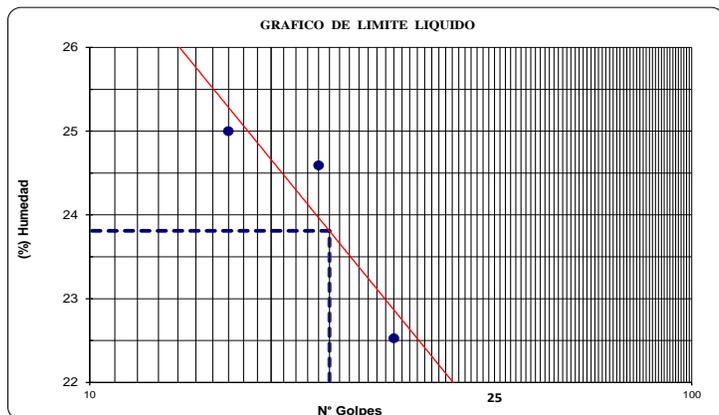


Peso Inicial (g) : 3000.00      Peso Fraccion (g) : 1751.00  
 Material Grueso > N° 16: (g) : 1527.00  
 Material Grueso < N° 16: (g) : 496.00

### DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO (MTC E 111)		HUM. NAT. (MTC E 108)
Capsula Nro	10	35	14
Peso de la Capsula (g)	4.66	4.45	284.2
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	9.48	9.36	2138
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	8.74	8.64	2078
Peso del Agua (g)	0.74	0.72	60
Peso del Suelo Seco (g)	4.08	4.19	1794
Contenido de Humedad (%)	18.14	17.18	3.34
<b>PROMEDIO</b>	<b>17.66</b>		<b>3.34</b>

CONSTANTES FÍSICAS  
 LIMITE LIQUIDO : 23.8      LIMITE PLÁSTICO : 17.7      IND. PLASTICIDAD : 6.1



	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)		
Capsula Nro	33	9	37
Peso de la Capsula (g)	37.4	49.5	38.1
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	62.90	87.50	74.00
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	57.80	80	67.40
Numero de Golpes	17	24	32
Peso del agua (g)	5.1	7.50	6.60
Peso del Suelo Seco (g)	20.4	30.5	29.30
Contenido de Humedad (%)	25.00	24.59	22.53

Observaciones:  
 - MATERIAL NATURAL. (M 70 - 30)

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.

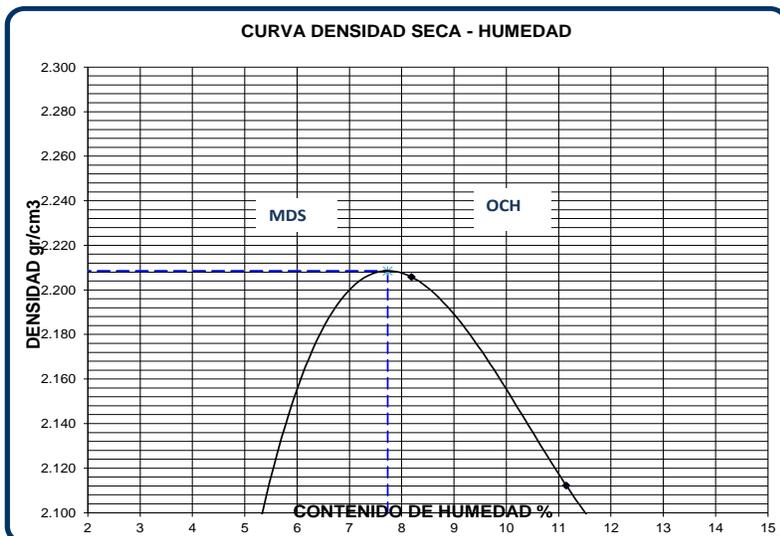
DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 26-04-18

### COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA ( MTC E 115 )

CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : 70-30

HECHO POR : K. GILVONIO  
 APROBADO POR : ING, AUGUSTO GARCIA

Metodo de compactacion		C			
Numero de golpes		56			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA		1	2	3	4
1. Peso suelo humedo. + molde	g	10957	11346	11267	11242
2. Peso del molde	g	6485	6485	6485	6485
3. Volumen del molde	cc	2037	2037	2037	2037
4. Peso suelo humedo	g	4472	4861	4782	4757
<b>5. Densidad suelo humedo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2.195</b>	<b>2.386</b>	<b>2.348</b>	<b>2.335</b>
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		T-01	TARA R	T-P	TP-02
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	453.0	355.0	410.0	453.0
8. Peso del suelo seco+capsula	g	433.0	332.0	374.0	409.0
9. Peso del agua	g	20.0	23.0	36.0	44.0
10. Peso de la capsula	g	49.0	51.0	51.0	51.0
11. Peso del suelo seco	g	384.0	281.0	323.0	358.0
12. Contenido de humedad	%	5.21	8.19	11.15	12.29
<b>13. Promedio de cont. de humedad</b>	<b>%</b>	<b>5.2</b>	<b>8.2</b>	<b>11.1</b>	<b>12.3</b>
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
<b>14. Densidad seca del suelo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2.087</b>	<b>2.206</b>	<b>2.112</b>	<b>2.080</b>



DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
<b>Certificado:</b>	
Finos < No 4	41.6 %
Gruesos > No 4, < 3/4"	58.4 %

RESULTADOS	
Humedad optima (%)	7.7
Densidad Maxima (g/cm <sup>3</sup> )	2.209

**Observaciones:**

- MATERIAL NATURAL.

---



---



---



---



INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

PROYECTO : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.

DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 30-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)**  
 ( MTC E132 )

CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : 70-30

HECHO POR : K. GILVONIO  
 APROBADO POR : ING, AUGUSTO GARCIA

**DATOS DEL PROCTOR**

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.209	g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	7.73	%

CAPACIDAD	:	10000	Lbs.
ANILLO	:	1	

Molde N°	25	32	15			
N° Capa	5	5	5			
Golpes por capa N°	56	25	12			
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (g)	9384		9174		9089	
Peso de molde (g)	4514		4512		4476	
Peso del suelo húmedo (g)	4870		4662		4613	
Volumen del molde (cm3)	2134		2134		2134	
Densidad húmeda (g/cm3)	2.282		2.184		2.161	
Humedad (%)	8.85		8.65		8.99	
<b>Densidad seca (g/cm3)</b>	<b>2.096</b>		<b>2.010</b>		<b>1.983</b>	
Tarro N°	56		25		10	
Tarro + Suelo húmedo (g)	945.50		1003.60		1074.80	
Tarro + Suelo seco (g)	873.60		930.80		993.50	
Peso del Agua (g)	71.90		72.80		81.30	
Peso del tarro (g)	61.50		89.20		89.50	
Peso del suelo seco (g)	812.10		841.60		904.00	
<b>Humedad (%)</b>	<b>8.85</b>		<b>8.65</b>		<b>8.99</b>	

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

**PENETRACION**

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 25				MOLDE N° 32				MOLDE N° 15			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		0.64	24			0.64	27			0.64	15		
0.050		1.27	58			1.27	70			1.27	38		
0.075		1.91	115			1.91	137			1.91	79		
0.100	70.3	2.54	200	470.00	34.6	2.54	116	400.00	29.5	2.54	106	360.00	26.5
0.125		3.18	305			3.18	302			3.18	289		
0.150		3.81	438			3.81	426			3.81	415		
0.200	105.0	5.08	775	930.00	45.9	5.08	735	800.00	39.5	5.08	731	710.00	35.0
0.300		7.62	1695			7.62	1538			7.62	1497		
0.400		10.16	2536			10.16	2498			10.16	2358		
0.500		12.70	3638			12.70	3618			12.70	3510		

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**TEMA** : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
**PROVINCIA** : HUANCAYO  
**CLIENTE** : Karem Gilvonio.

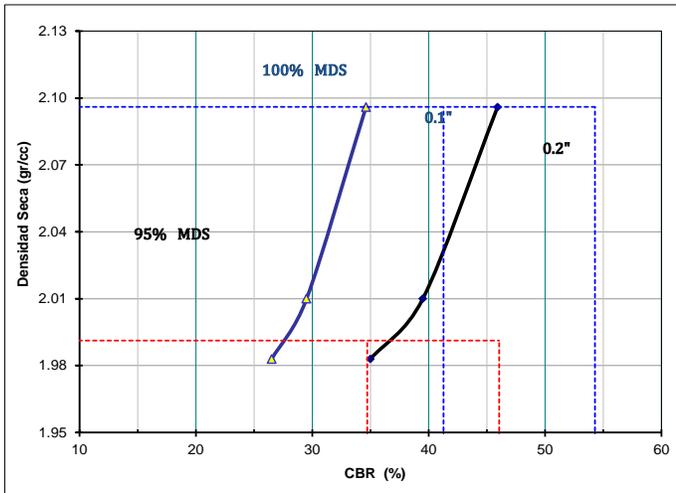
**DEPARTAMENTO** : JUNIN  
**FECHA** : 30-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)**  
 ( MTC E132 )

**CANTERA** : HUANCAVELICA  
**MUESTRA** : 70-30

**HECHO POR** : K. GILVONIO  
**APROBADO POR** : ING, AUGUSTO GARCIA

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**



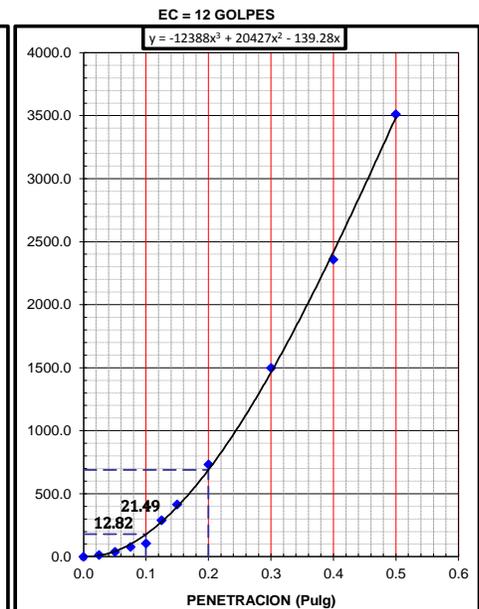
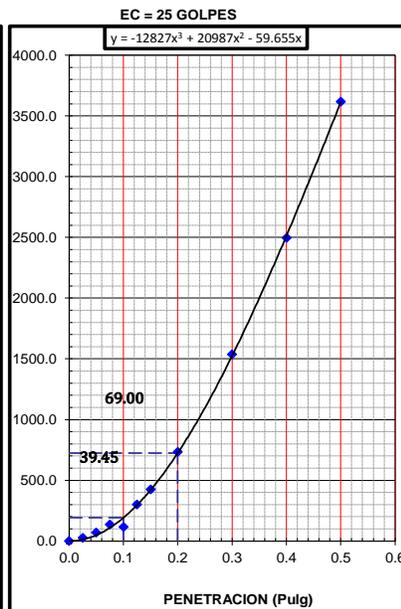
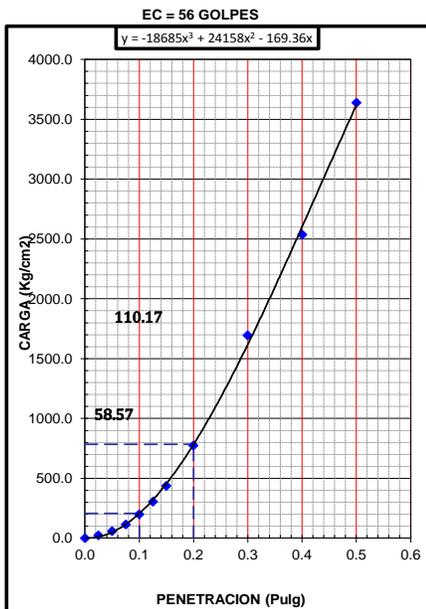
**RESULTADOS:**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	41.3	0.2":	54.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	34.7	0.2":	46.1

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2.209	g/cc
Optimo Humedad	7.73	%

**OBSERVACIONES:**

- MATERIAL NATURAL



## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.  
 CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : 65-35

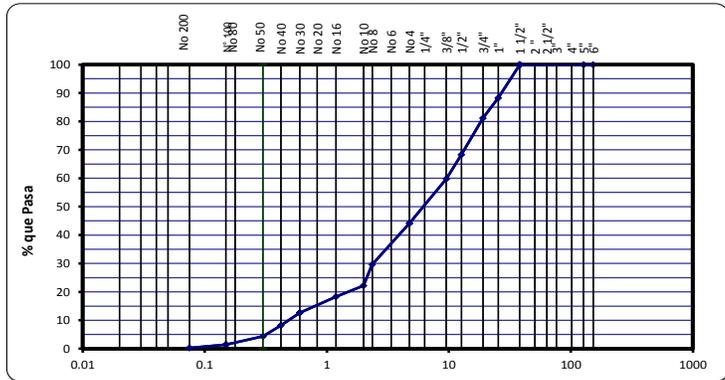
DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 25-04-18  
 HECHO POR : K. GILBONIO  
 REVISADO POR : ING. AUGUSTO GARCIA

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	353.0	11.8	11.8	88.2
3/4"	19.050	212.0	7.1	18.8	81.2
1/2"	12.700	387.0	12.9	31.7	68.3
3/8"	9.525	255.0	8.5	40.2	59.8
1/4"	6.350				
No. 4	4.760	467.0	15.6	55.8	44.2
No. 8	2.360	436.0	14.5	70.3	29.7
No. 10	2.000	225.0	7.5	77.8	22.2
No. 16	1.190	117.0	3.9	81.7	18.3
No 20	0.834				
No 30	0.600	169.0	5.6	87.4	12.6
No. 40	0.420	134.0	4.5	91.8	8.2
No. 50	0.300	115.0	3.8	95.7	4.3
No. 60	0.250				
No. 80	0.177				
No. 100	0.149	88.0	2.9	98.6	1.4
No. 200	0.075	33.0	1.1	99.7	0.3
< No. 200		9.0	0.3	100.0	
		3000.00			

CLASIFICACIÓN SUCS : GM  
 CLASIFICACIÓN AASHTO : A-2-4(0)

Grava limosa, mezcla grava - arena - limo



Peso Inicial (g) : 3000.00      Peso Fraccion (g) : 1674.00  
 Material Grueso > Nº 16: (g) : 1500.00  
 Material Grueso < Nº 16: (g) : 548.00

### DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

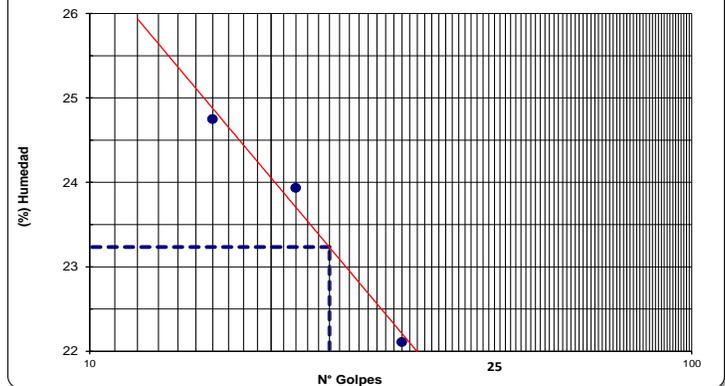
	LIMITE PLASTICO (MTC E 111)	HUM. NAT. (MTC E 108)
Capsula Nro	10	35
Peso de la Capsula (g)	4.66	4.45
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	9.48	9.36
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	8.75	8.67
Peso del Agua (g)	0.73	0.69
Peso del Suelo Seco (g)	4.09	4.22
Contenido de Humedad (%)	17.85	16.35
<b>PROMEDIO</b>	<b>17.10</b>	<b>3.34</b>

	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)		
Capsula Nro	33	9	37
Peso de la Capsula (g)	38	49.5	38.1
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	62.70	87.30	74.00
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	57.80	80	67.50
Numero de Golpes	16	22	33
Peso del agua (g)	4.9	7.30	6.50
Peso del Suelo Seco (g)	19.8	30.5	29.40
Contenido de Humedad (%)	24.75	23.93	22.11

### CONSTANTES FÍSICAS

LIMITE LIQUIDO : 23.2      LIMITE PLÁSTICO : 17.1      IND. PLASTICIDAD : 6.1

### GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



### Observaciones:

- MATERIAL NATURAL. (M 65-35)

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.

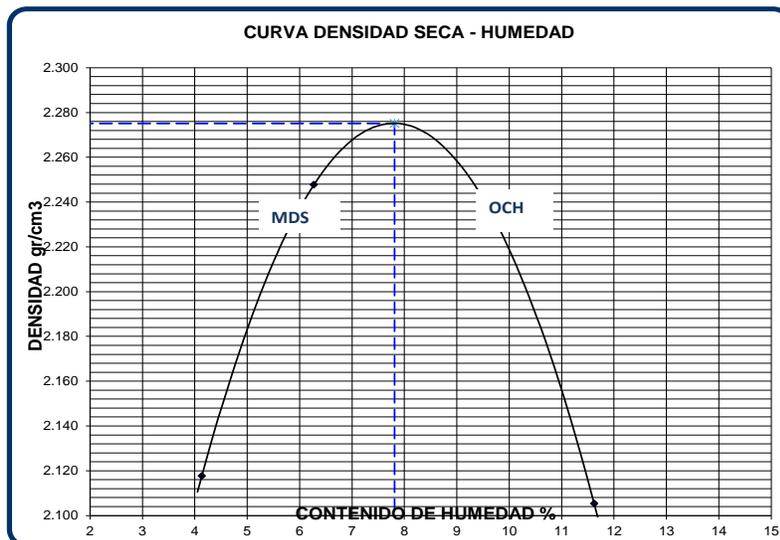
DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 26-04-18

### COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (MTC E 115)

CANtera : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : 65-35

HECHO POR : K. GILBONIO  
 APROBADO POR : ING. AUGUSTO GARCIA

Metodo de compactacion		C			
Numero de golpes		56			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA		1	2	3	4
1. Peso suelo humedo. + molde	g	10977	11351	11272	11254
2. Peso del molde	g	6485	6485	6485	6485
3. Volumen del molde	cc	2037	2037	2037	2037
4. Peso suelo humedo	g	4492	4866	4787	4769
5. Densidad suelo humedo	g/cc	2.205	2.389	2.350	2.341
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		T-01	R	T	TP-03
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	452.0	356.0	416.0	451.0
8. Peso del suelo seco+capsula	g	436.0	338.0	378.0	409.0
9. Peso del agua	g	16.0	18.0	38.0	42.0
10. Peso de la capsula	g	49.0	51.0	51.0	51.0
11. Peso del suelo seco	g	387.0	287.0	327.0	358.0
12. Contenido de humedad	%	4.13	6.27	11.62	11.73
13. Promedio de cont. de humedad	%	4.1	6.3	11.6	11.7
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	g/cc	2.118	2.248	2.105	2.095



DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
<b>Certificado:</b>	
Finos < No 4	44.2 %
Gruesos > No 4, < 3/4"	55.8 %

RESULTADOS	
Humedad optima (%)	7.8
Densidad Maxima (g/cm <sup>3</sup> )	2.275

**Observaciones:**

- MATERIAL NATURAL.

---



---



---



---

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**PROYECTO :** TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
**PROVINCIA :** HUANCAYO  
**CLIENTE :** Karem Gilvonio.

**DEPARTAMENTO :** JUNIN  
**FECHA :** 30-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)**  
( MTC E132 )

**CANTERA :** HUANCAVELICA  
**MUESTRA :** 65-35

**HECHO POR :** K. GILBONIO  
**APROBADO POR :** ING. AUGUSTO GARCIA

**DATOS DEL PROCTOR**

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.275 g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	7.81 %

CAPACIDAD :	10000	Lbs.
ANILLO :	1	

Cond. de la muestra	25		32		15	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	25		32		15	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Peso molde + suelo húmedo (g)	9449		9183		9102	
Peso de molde (g)	4514		4512		4476	
Peso del suelo húmedo (g)	4935		4671		4626	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2134		2134		2134	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.312		2.188		2.167	
Humedad (%)	7.40		7.30		7.78	
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.153</b>		<b>2.039</b>		<b>2.011</b>	
Tarro N°	56		25		10	
Tarro + Suelo húmedo (g)	930.50		997.60		1063.80	
Tarro + Suelo seco (g)	870.60		935.80		993.50	
Peso del Agua (g)	59.90		61.80		70.30	
Peso del tarro (g)	61.50		89.20		89.50	
Peso del suelo seco (g)	809.10		846.60		904.00	
<b>Humedad (%)</b>	<b>7.40</b>		<b>7.30</b>		<b>7.78</b>	

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%

**PENETRACION**

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 25				MOLDE N° 32				MOLDE N° 15			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
		0.000		0	0			0	0			0	0
0.025		0.64	18			0.64	20			0.64	17		
0.050		1.27	48			1.27	31			1.27	29		
0.075		1.91	112			1.91	105			1.91	67		
0.100	70.3	2.54	189	470.00	34.6	2.54	157	400.00	29.5	2.54	142	360.00	26.5
0.125		3.18	247			3.18	264			3.18	214		
0.150		3.81	432			3.81	412			3.81	398		
0.200	105.0	5.08	684	930.00	45.9	5.08	632	800.00	39.5	5.08	624	710.00	35.0
0.300		7.62	1587			7.62	1351			7.62	1324		
0.400		10.16	2354			10.16	2147			10.16	1987		
0.500		12.70	3157			12.70	3014			12.70	2987		

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.

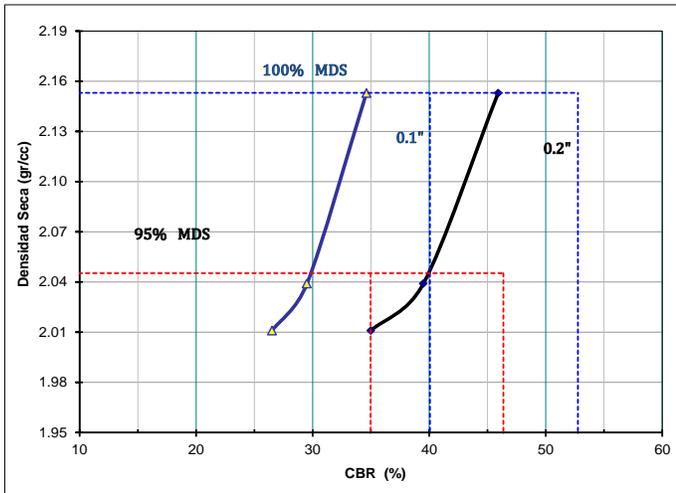
DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 30-04-18

### ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) ( MTC E132 )

CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : 65-35

HECHO POR : K. GILBONIO  
 APROBADO POR : ING. AUGUSTO GARCIA

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



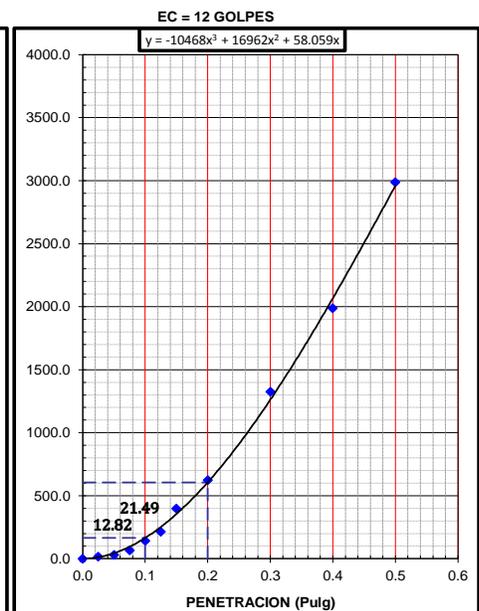
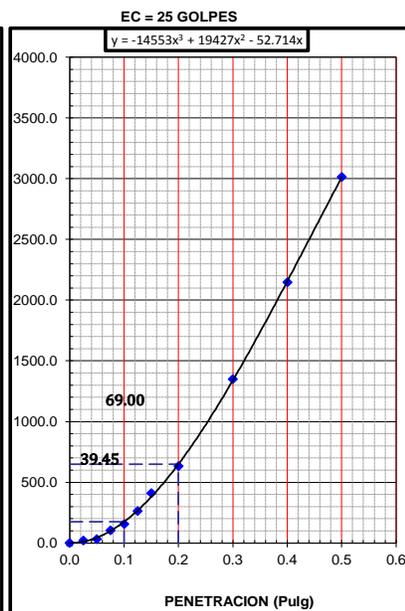
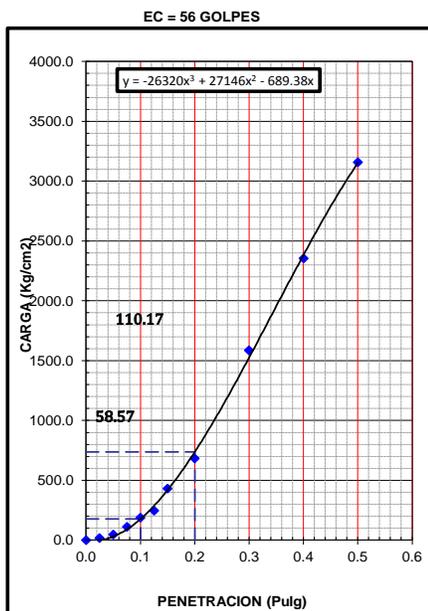
**RESULTADOS:**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	40.1	0.2":	52.8
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	35.0	0.2":	46.4

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2.275	g/cc
Optimo Humedad	7.81	%

**OBSERVACIONES:**

- MATERIAL NATURAL



## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.  
 CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : 60-40

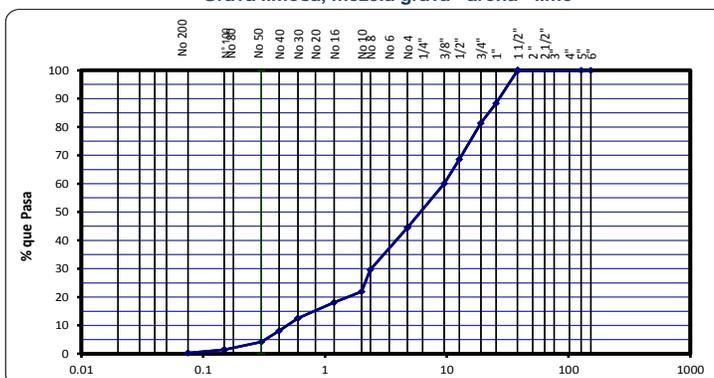
DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 25-04-18  
 HECHO POR : K. GILBONIO  
 REVISADO POR : ING. AUGUSTO GARCIA

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	349.0	11.6	11.6	88.4
3/4"	19.050	211.0	7.0	18.7	81.3
1/2"	12.700	383.0	12.8	31.4	68.6
3/8"	9.525	255.0	8.5	39.9	60.1
1/4"	6.350				
No. 4	4.760	465.0	15.5	55.4	44.6
No. 8	2.360	447.0	14.9	70.3	29.7
No. 10	2.000	231.0	7.7	78.0	22.0
No. 16	1.190	117.0	3.9	81.9	18.1
No 20	0.834				
No 30	0.600	165.0	5.5	87.4	12.6
No. 40	0.420	134.0	4.5	91.9	8.1
No. 50	0.300	118.0	3.9	95.8	4.2
No. 60	0.250				
No. 80	0.177				
No. 100	0.149	83.0	2.8	98.6	1.4
No. 200	0.075	33.0	1.1	99.7	0.3
< No. 200		9.0	0.3	100.0	
		3000.00			

CLASIFICACIÓN SUCS : GM  
 CLASIFICACIÓN AASHTO : A-2-4(0)

Grava limosa, mezcla grava - arena - limo



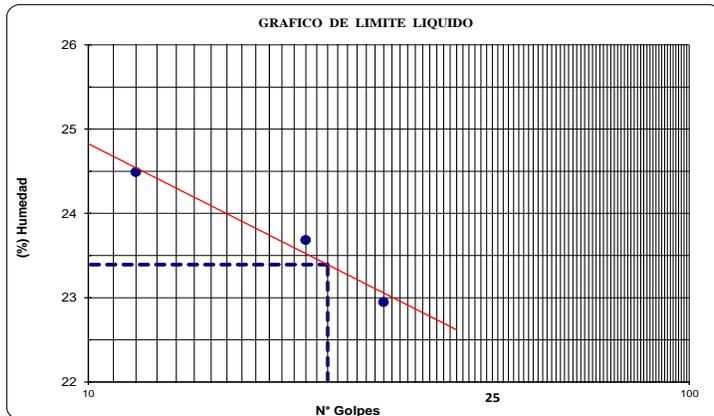
Peso Inicial (g) : 3000.00      Peso Fraccion (g) : 1663.00  
 Material Grueso > N° 16: (g) : 1515.00  
 Material Grueso < N° 16: (g) : 542.00

### DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO (MTC E 111)		HUM. NAT. (MTC E 108)
	10	35	
Capsula Nro	10	35	14
Peso de la Capsula (g)	4.65	4.46	284.2
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	9.46	9.34	2138
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	8.75	8.67	2078
Peso del Agua (g)	0.71	0.67	60
Peso del Suelo Seco (g)	4.10	4.21	1794
Contenido de Humedad (%)	17.32	15.91	3.34
<b>PROMEDIO</b>	<b>16.62</b>	<b>3.34</b>	

CONSTANTES FÍSICAS  
 LIMITE LIQUIDO : 23.4      LIMITE PLÁSTICO : 16.6      IND. PLASTICIDAD : 6.8

	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)		
	33	9	37
Capsula Nro	33	9	37
Peso de la Capsula (g)	38	49.5	38.1
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	62.40	87.10	74.00
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	57.60	79.9	67.30
Numero de Golpes	12	23	31
Peso del agua (g)	4.8	7.20	6.70
Peso del Suelo Seco (g)	19.6	30.4	29.20
Contenido de Humedad (%)	24.49	23.68	22.95



#### Observaciones:

- MATERIAL NATURAL. (M 60-40)

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.

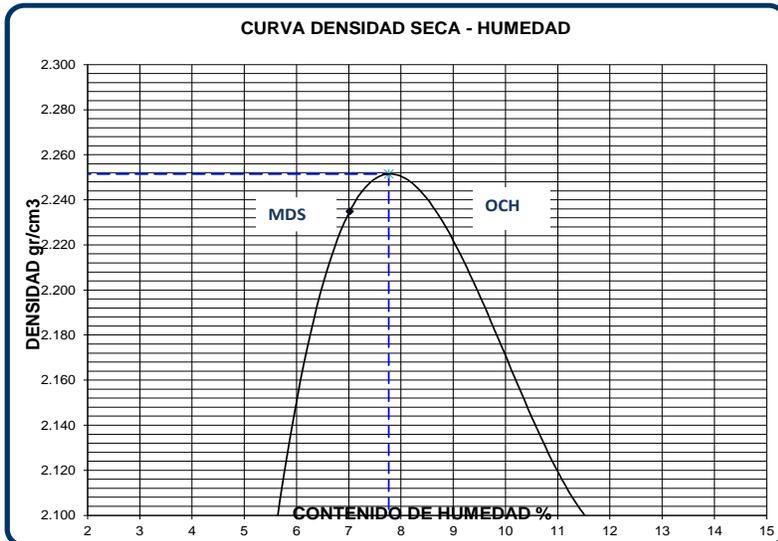
DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 26-04-18

**COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA  
 ( MTC E 115 )**

CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : 60-40

HECHO POR : K. GILBONIO  
 APROBADO POR : ING. AUGUSTO GARCIA

Metodo de compactacion					C
Numero de golpes					56
Numero de capas					5
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
		1	2	3	4
1. Peso suelo humedo. + molde	g	10986	11357	11278	11252
2. Peso del molde	g	6485	6485	6485	6485
3. Volumen del molde	cc	2037	2037	2037	2037
4. Peso suelo humedo	g	4501	4872	4793	4767
<b>5. Densidad suelo humedo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2.210</b>	<b>2.392</b>	<b>2.353</b>	<b>2.340</b>
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		T-01	R	T	Z
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	352.0	356.0	418.0	451.0
8. Peso del suelo seco+capsula	g	336.0	336.0	377.0	409.0
9. Peso del agua	g	16.0	20.0	41.0	42.0
10. Peso de la capsula	g	50.0	51.0	50.0	50.0
11. Peso del suelo seco	g	286.0	285.0	327.0	359.0
12. Contenido de humedad	%	5.59	7.02	12.54	11.70
<b>13. Promedio de cont. de humedad</b>	<b>%</b>	<b>5.6</b>	<b>7.0</b>	<b>12.5</b>	<b>11.7</b>
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
<b>14. Densidad seca del suelo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2.093</b>	<b>2.235</b>	<b>2.091</b>	<b>2.095</b>



DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
<b>Certificado:</b>	
Finos < No 4	44.6 %
Gruesos > No 4, < 3/4"	55.4 %

RESULTADOS	
Humedad optima (%)	7.8
Densidad Maxima (g/cm <sup>3</sup> )	2.251

**Observaciones:**

- MATERIAL NATURAL.

---



---



---



---

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**PROYECTO :** TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
**PROVINCIA :** HUANCAYO  
**CLIENTE :** Karem Gilvonio.

**DEPARTAMENTO :** JUNIN  
**FECHA :** 30-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)**  
( MTC E132 )

**CANTERA :** HUANCAVELICA  
**MUESTRA :** 60-40

**HECHO POR :** K. GILBONIO  
**APROBADO POR :** ING. AUGUSTO GARCIA

**DATOS DEL PROCTOR**

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.251	g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	7.76	%

CAPACIDAD	:	10000	Lbs.
ANILLO	:	1	

Cond. de la muestra	25		32		15	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	25		32		15	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Peso molde + suelo húmedo (g)	9438		9172		9081	
Peso de molde (g)	4514		4512		4476	
Peso del suelo húmedo (g)	4924		4660		4605	
Volumen del molde (cm3)	2134		2134		2134	
Densidad húmeda (g/cm3)	2.307		2.183		2.158	
Humedad (%)	7.10		7.30		7.67	
<b>Densidad seca (g/cm3)</b>	<b>2.154</b>		<b>2.034</b>		<b>2.004</b>	
Tarro N°	56		25		10	
Tarro + Suelo húmedo (g)	829.50		894.60		963.80	
Tarro + Suelo seco (g)	778.60		839.80		901.50	
Peso del Agua (g)	50.90		54.80		62.30	
Peso del tarro (g)	61.50		89.20		89.50	
Peso del suelo seco (g)	717.10		750.60		812.00	
<b>Humedad (%)</b>	<b>7.10</b>		<b>7.30</b>		<b>7.67</b>	

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

PENETRACION													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 25				MOLDE N° 32				MOLDE N° 15			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		0.64	19			0.64	23			0.64	16		
0.050		1.27	51			1.27	29			1.27	27		
0.075		1.91	125			1.91	114			1.91	63		
0.100	70.3	2.54	175	470.00	34.6	2.54	162	400.00	29.5	2.54	134	360.00	26.5
0.125		3.18	254			3.18	261			3.18	197		
0.150		3.81	394			3.81	352			3.81	342		
0.200	105.0	5.08	613	930.00	45.9	5.08	592	800.00	39.5	5.08	598	710.00	35.0
0.300		7.62	1458			7.62	1231			7.62	1154		
0.400		10.16	2157			10.16	2015			10.16	1856		
0.500		12.70	3057			12.70	2987			12.70	2762		

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.

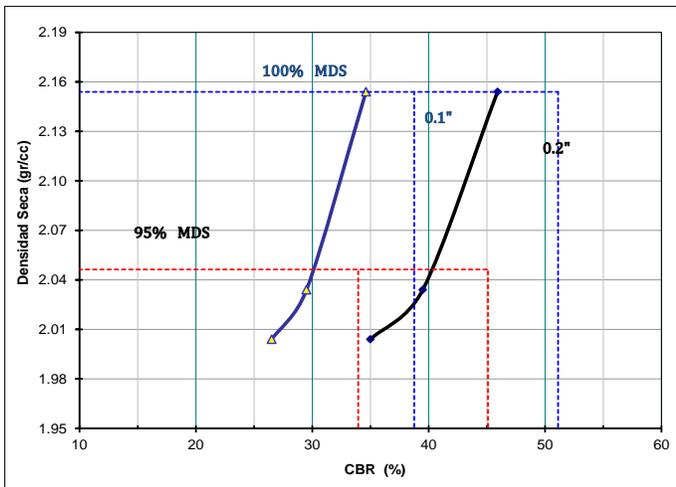
DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 30-04-18

### ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) (MTC E132)

CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : 60-40

HECHO POR : K. GILBONIO

#### GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



#### RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	38.7	0.2":	51.1
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	34.0	0.2":	45.1

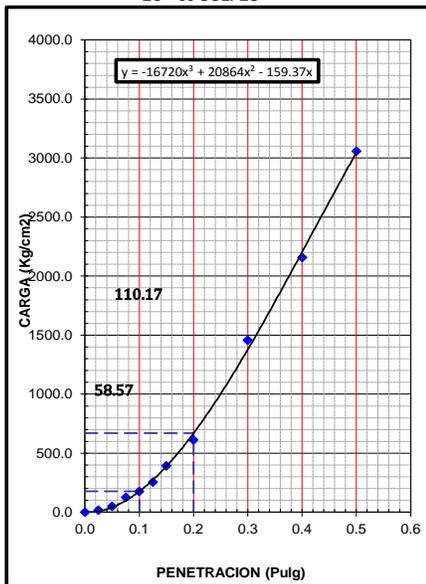
#### Datos del Proctor

Densidad Seca	2.251	g/cc
Optimo Humedad	7.76	%

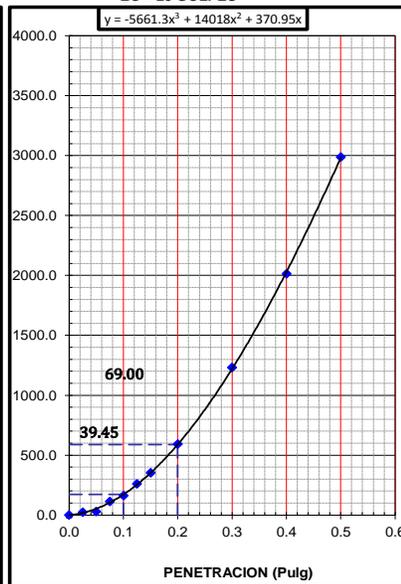
#### OBSERVACIONES:

- MATERIAL NATURAL

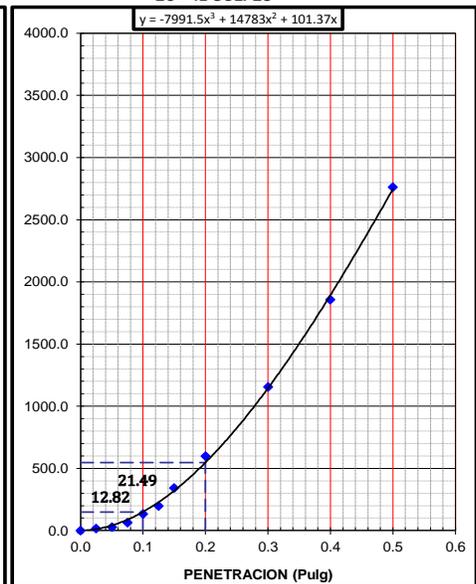
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.  
 CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : 55-45

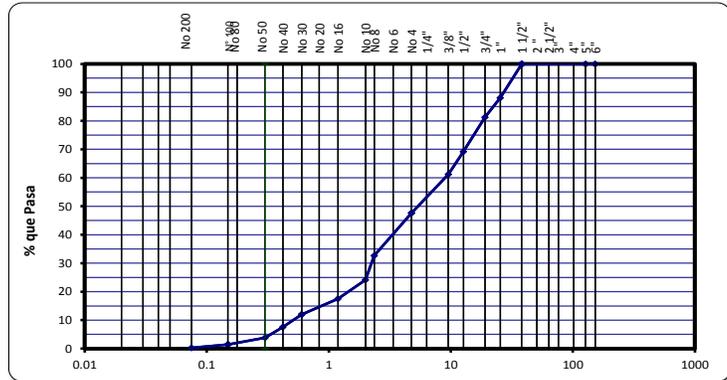
DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 25-04-18  
 HECHO POR : K. GILBONIO  
 REVISADO POR : ING. AUGUSTO GARCIA

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	359.0	12.0	12.0	88.0
3/4"	19.050	204.0	6.8	18.8	81.2
1/2"	12.700	362.0	12.1	30.8	69.2
3/8"	9.525	238.0	7.9	38.8	61.2
1/4"	6.350				
No. 4	4.760	408.0	13.6	52.4	47.6
No. 8	2.360	449.0	15.0	67.3	32.7
No. 10	2.000	257.0	8.6	75.9	24.1
No. 16	1.190	198.0	6.6	82.5	17.5
No 20	0.834				
No 30	0.600	165.0	5.5	88.0	12.0
No. 40	0.420	134.0	4.5	92.5	7.5
No. 50	0.300	111.0	3.7	96.2	3.8
No. 60	0.250				
No. 80	0.177				
No. 100	0.149	73.0	2.4	98.6	1.4
No. 200	0.075	33.0	1.1	99.7	0.3
< No. 200		9.0	0.3	100.0	
		3000.00			

CLASIFICACIÓN SUCS : GM  
 CLASIFICACIÓN AASHTO : A-2-4(0)

Grava limosa, mezcla grava - arena - limo



Peso Inicial (g) : 3000.00      Peso Fraccion (g) : 1571.00  
 Material Grueso > Nº 16: (g) : 1550.00  
 Material Grueso < Nº 16: (g) : 525.00

### DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

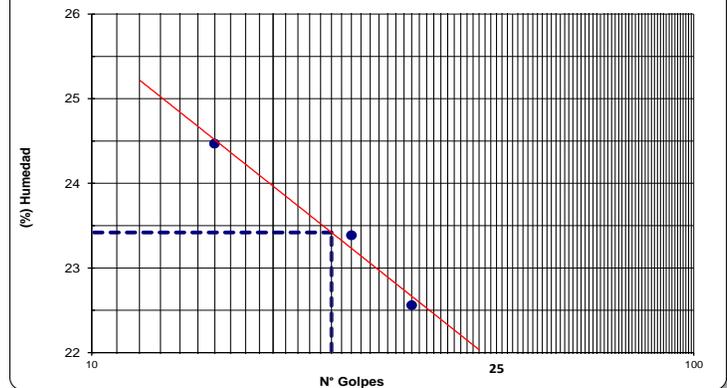
	LIMITE PLASTICO (MTC E 111)		HUM. NAT. (MTC E 108)
Capsula Nro	10	35	14
Peso de la Capsula (g)	4.65	4.46	284.2
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	9.44	9.33	2138
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	8.76	8.69	2078
Peso del Agua (g)	0.68	0.64	60
Peso del Suelo Seco (g)	4.11	4.23	1794
Contenido de Humedad (%)	16.55	15.13	3.34
<b>PROMEDIO</b>		<b>15.84</b>	<b>3.34</b>

	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)		
Capsula Nro	33	9	37
Peso de la Capsula (g)	38	38	38.1
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	61.40	93.40	74.50
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	56.80	82.9	67.80
Numero de Golpes	16	27	34
Peso del agua (g)	4.6	10.50	6.70
Peso del Suelo Seco (g)	18.8	44.9	29.70
Contenido de Humedad (%)	24.47	23.39	22.56

### CONSTANTES FISICAS

LIMITE LIQUIDO : 23.4      LIMITE PLÁSTICO : 15.8      IND. PLASTICIDAD : 7.6

### GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



#### Observaciones:

- MATERIAL NATURAL. (M 55 - 45)

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.

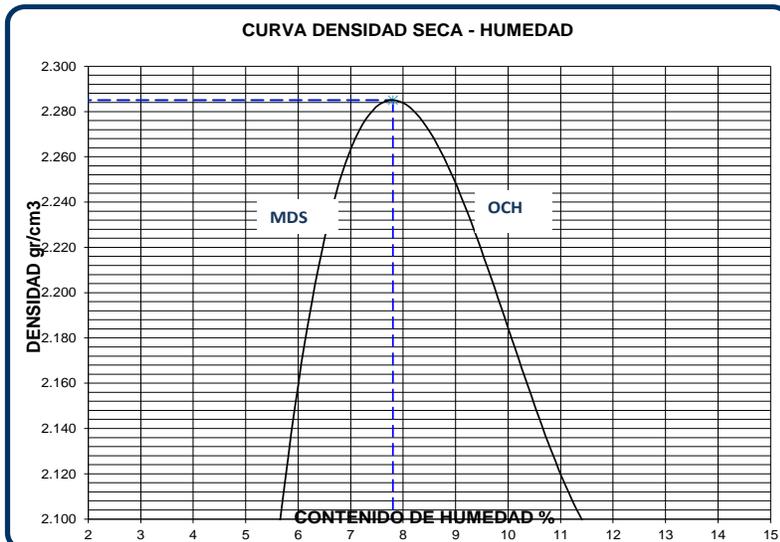
DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 26-04-18

### COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (MTC E 115)

CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : 55-45

HECHO POR : K. GILBONIO  
 APROBADO POR : ING. AUGUSTO GARCIA

Metodo de compactacion		C			
Numero de golpes		56			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA		1	2	3	4
1. Peso suelo humedo. + molde	g	10974	11345	11266	11240
2. Peso del molde	g	6485	6485	6485	6485
3. Volumen del molde	cc	2037	2037	2037	2037
4. Peso suelo humedo	g	4489	4860	4781	4755
5. Densidad suelo humedo	g/cc	2.204	2.386	2.347	2.334
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		T-01	R	T	Z
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	352.0	356.0	416.0	453.0
8. Peso del suelo seco+capsula	g	336.0	337.0	375.0	411.0
9. Peso del agua	g	16.0	19.0	41.0	42.0
10. Peso de la capsula	g	50.0	51.0	50.0	50.0
11. Peso del suelo seco	g	286.0	286.0	325.0	361.0
12. Contenido de humedad	%	5.59	6.64	12.62	11.63
13. Promedio de cont. de humedad	%	5.6	6.6	12.6	11.6
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	g/cc	2.087	2.237	2.084	2.091



DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
<b>Certificado:</b>	
Finos < No 4	47.6 %
Gruesos > No 4, < 3/4"	52.4 %

RESULTADOS	
Humedad optima (%)	7.8
Densidad Maxima (g/cm³)	2.285

**Observaciones:**

- MATERIAL NATURAL.

---



---



---



---

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

PROYECTO : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.

DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 30-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)**  
 ( MTC E132 )

CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : 55-45

HECHO POR : K. GILBONIO  
 APROBADO POR : ING. AUGUSTO GARCIA

**DATOS DEL PROCTOR**

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.285 g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	7.80 %

CAPACIDAD :	10000	Lbs.
ANILLO :	1	

Cond. de la muestra	25		32		15	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	25		32		15	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Peso molde + suelo húmedo (g)	9453		9183		9033	
Peso de molde (g)	4514		4512		4476	
Peso del suelo húmedo (g)	4939		4671		4557	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2134		2134		2134	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.314		2.188		2.135	
Humedad (%)	6.06		8.41		7.36	
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.182</b>		<b>2.018</b>		<b>1.989</b>	
Tarro N°	56		25		10	
Tarro + Suelo húmedo (g)	812.50		901.60		961.90	
Tarro + Suelo seco (g)	771.20		838.60		902.10	
Peso del Agua (g)	41.30		63.00		59.80	
Peso del tarro (g)	89.20		89.20		89.50	
Peso del suelo seco (g)	682.00		749.40		812.60	
<b>Humedad (%)</b>	<b>6.06</b>		<b>8.41</b>		<b>7.36</b>	

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

PENETRACION													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 25				MOLDE N° 32				MOLDE N° 15			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		0.64	17			0.64	21			0.64	16		
0.050		1.27	49			1.27	38			1.27	24		
0.075		1.91	115			1.91	98			1.91	86		
0.100	70.3	2.54	168	470.00	34.6	2.54	154	400.00	29.5	2.54	132	360.00	26.5
0.125		3.18	247			3.18	235			3.18	178		
0.150		3.81	385			3.81	314			3.81	297		
0.200	105.0	5.08	514	930.00	45.9	5.08	504	800.00	39.5	5.08	495	710.00	35.0
0.300		7.62	1398			7.62	1057			7.62	989		
0.400		10.16	2085			10.16	1975			10.16	1798		
0.500		12.70	2874			12.70	2654			12.70	2547		

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**TEMA** : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
**PROVINCIA** : HUANCAYO  
**CLIENTE** : Karem Gilvonio.

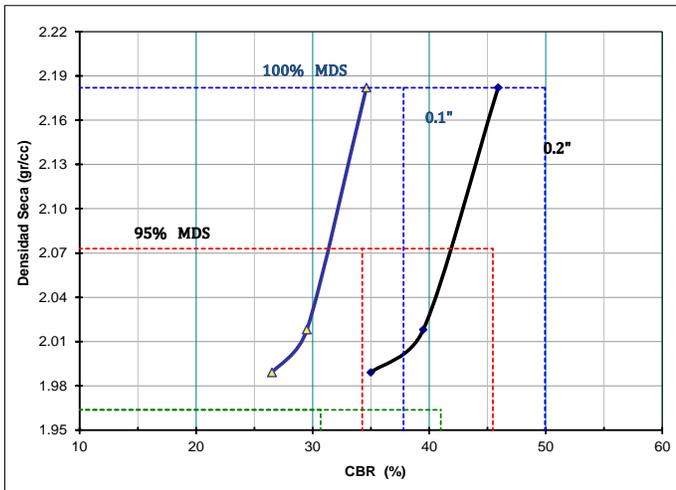
**DEPARTAMENTO** : JUNIN  
**FECHA** : 30-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)**  
 ( MTC E132 )

**CANTERA** : HUANCAVELICA  
**MUESTRA** : 55-45

**HECHO POR** : K. GILBONIO  
**APROBADO POR** : ING. AUGUSTO GARCIA

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**



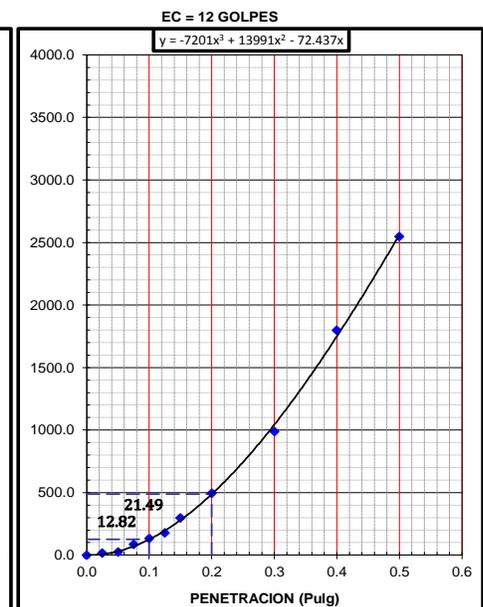
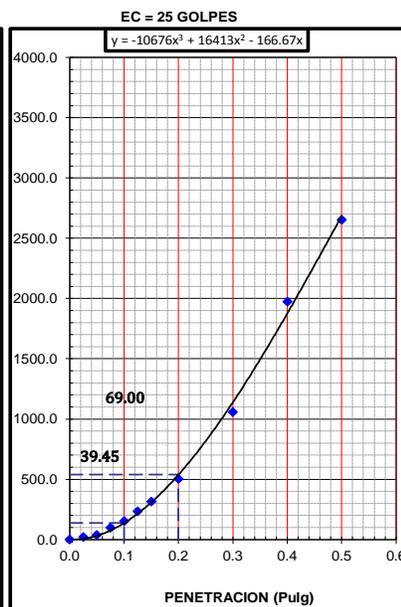
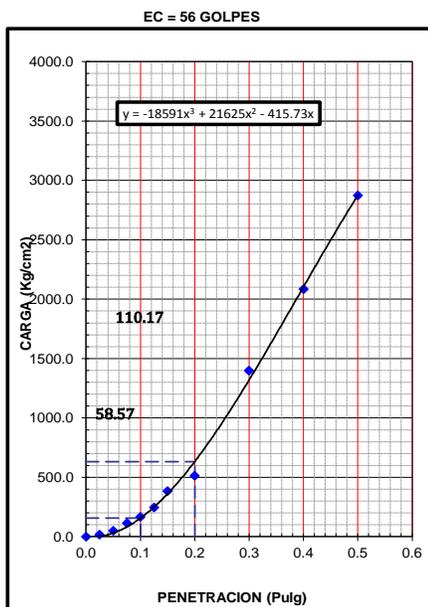
**RESULTADOS:**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	<b>37.8</b>	0.2":	<b>49.9</b>
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	<b>34.3</b>	0.2":	<b>45.5</b>

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2.285	g/cc
Optimo Humedad	7.80	%

**OBSERVACIONES:**

- MATERIAL NATURAL



## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.  
 CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : 50-50

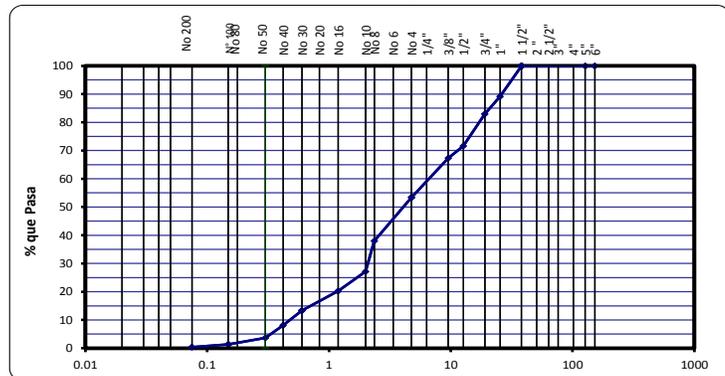
DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 25-04-18  
 HECHO POR : K. GILBONIO  
 REVISADO POR : ING. AUGUSTO GARCIA

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Tamiz ASTM	Abertura ( mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	327.0	10.9	10.9	89.1
3/4"	19.050	184.0	6.1	17.0	83.0
1/2"	12.700	342.0	11.4	28.4	71.6
3/8"	9.525	128.0	4.3	32.7	67.3
1/4"	6.350				
No. 4	4.760	418.0	13.9	46.6	53.4
No. 8	2.360	462.0	15.4	62.0	38.0
No. 10	2.000	324.0	10.8	72.8	27.2
No. 16	1.190	208.0	6.9	79.8	20.2
No 20	0.834				
No 30	0.600	208.0	6.9	86.7	13.3
No. 40	0.420	157.0	5.2	91.9	8.1
No. 50	0.300	131.0	4.4	96.3	3.7
No. 60	0.250				
No. 80	0.177				
No. 100	0.149	71.0	2.4	98.7	1.3
No. 200	0.075	29.0	1.0	99.6	0.4
< No. 200		11.0	0.4	100.0	
		3000.00			

CLASIFICACIÓN SUCS : GM  
 CLASIFICACIÓN AASHTO : A-2-4(0)

Grava limosa, mezcla grava - arena - limo



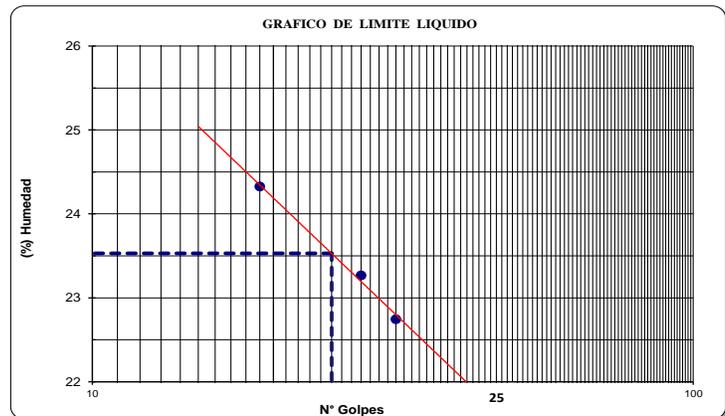
Peso Inicial (g) : 3000.00      Peso Fracción (g) : 1399.00  
 Material Grueso > N° 16: (g) : 1540.00  
 Material Grueso < N° 16: (g) : 607.00

### DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO (MTC E 111)		HUM. NAT. (MTC E 108)
	10	35	
Capsula Nro			14
Peso de la Capsula (g)	4.65	4.46	284.2
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	9.41	9.43	2138
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	8.79	8.69	2078
Peso del Agua (g)	0.62	0.74	60
Peso del Suelo Seco (g)	4.14	4.23	1794
Contenido de Humedad (%)	14.98	17.49	3.34
<b>PROMEDIO</b>	<b>16.23</b>		<b>3.34</b>

CONSTANTES FÍSICAS  
 LIMITE LIQUIDO : 23.5      LIMITE PLÁSTICO : 16.2      IND. PLASTICIDAD : 7.3

	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)		
	33	9	37
Capsula Nro			
Peso de la Capsula (g)	38	38	38.1
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	56.40	93.10	72.10
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	52.80	82.7	65.80
Numero de Golpes	19	28	32
Peso del agua (g)	3.6	10.40	6.30
Peso del Suelo Seco (g)	14.8	44.7	27.70
Contenido de Humedad (%)	24.32	23.27	22.74



Observaciones:  
 - MATERIAL NATURAL. (M 50 - 50)

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

TEMA : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.

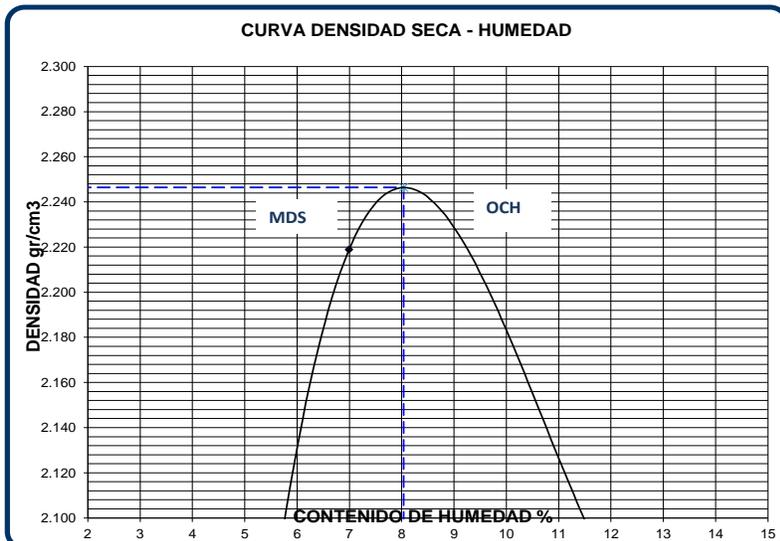
DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 26-04-18

**COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA  
 ( MTC E 115 )**

CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : 50-50

HECHO POR : K. GILBONIO  
 APROBADO POR : ING. AUGUSTO GARCIA

<b>Metodo de compactacion</b>					<b>C</b>
<b>Numero de golpes</b>					<b>56</b>
<b>Numero de capas</b>					<b>5</b>
<b>CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA</b>					
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1. Peso suelo humedo. + molde	g	10961	11321	11214	11201
2. Peso del molde	g	6485	6485	6485	6485
3. Volumen del molde	cc	2037	2037	2037	2037
4. Peso suelo humedo	g	4476	4836	4729	4716
<b>5. Densidad suelo humedo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2.197</b>	<b>2.374</b>	<b>2.322</b>	<b>2.315</b>
<b>CALCULO DE HUMEDAD</b>					
6. Capsula N°		T-01	R	T	Z
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	350.0	357.0	419.0	458.0
8. Peso del suelo seco+capsula	g	334.0	337.0	375.0	413.0
9. Peso del agua	g	16.0	20.0	44.0	45.0
10. Peso de la capsula	g	50.0	51.0	50.0	50.0
11. Peso del suelo seco	g	284.0	286.0	325.0	363.0
12. Contenido de humedad	%	5.63	6.99	13.54	12.40
<b>13. Promedio de cont. de humedad</b>	<b>%</b>	<b>5.6</b>	<b>7.0</b>	<b>13.5</b>	<b>12.4</b>
<b>CALCULO DE DENSIDAD SECA</b>					
<b>14. Densidad seca del suelo</b>	<b>g/cc</b>	<b>2.080</b>	<b>2.219</b>	<b>2.045</b>	<b>2.060</b>



<b>DATOS DE LA GRANULOMETRIA</b>	
<b>Certificado:</b>	
Finos < No 4	53.4 %
Gruesos > No 4, < 3/4"	46.6 %

<b>RESULTADOS</b>	
<b>Humedad optima (%)</b>	<b>8.0</b>
<b>Densidad Maxima (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.246</b>

**Observaciones:**

- MATERIAL NATURAL.

---



---



---



---

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 CLIENTE : Karem Gilvonio.

DEPARTAMENTO : JUNIN  
 FECHA : 30-04-18

### ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) ( MTC E132 )

CANTERA : HUANCAVELICA  
 MUESTRA : 50-50

HECHO POR : K. GILBONIO  
 APROBADO POR : ING. AUGUSTO GARCIA

#### DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.246	g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	8.04	%

CAPACIDAD :	10000	Lbs.
ANILLO :	1	

Cond. de la muestra	25		32		15	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	25		32		15	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Peso molde + suelo húmedo (g)	9569		9199		9026	
Peso de molde (g)	4514		4512		4476	
Peso del suelo húmedo (g)	5055		4687		4550	
Volumen del molde (cm3)	2134		2134		2134	
Densidad húmeda (g/cm3)	2.368		2.196		2.132	
Humedad (%)	6.06		7.83		7.42	
<b>Densidad seca (g/cm3)</b>	<b>2.233</b>		<b>2.037</b>		<b>1.985</b>	
Tarro N°	56		25		10	
Tarro + Suelo húmedo (g)	812.50		898.60		969.90	
Tarro + Suelo seco (g)	771.20		839.80		909.10	
Peso del Agua (g)	41.30		58.80		60.80	
Peso del tarro (g)	89.20		89.20		89.50	
Peso del suelo seco (g)	682.00		750.60		819.60	
<b>Humedad (%)</b>	<b>6.06</b>		<b>7.83</b>		<b>7.42</b>	

#### EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
<b>NO EXPANSIVO</b>											

#### PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 25				MOLDE N° 32				MOLDE N° 15			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		0.64	11			0.64	13			0.64	10		
0.050		1.27	29			1.27	21			1.27	19		
0.075		1.91	105			1.91	89			1.91	74		
0.100	70.3	2.54	147	470.00	34.6	2.54	135	400.00	29.5	2.54	105	360.00	26.5
0.125		3.18	213			3.18	195			3.18	179		
0.150		3.81	357			3.81	315			3.81	281		
0.200	105.0	5.08	495	930.00	45.9	5.08	425	800.00	39.5	5.08	354	710.00	35.0
0.300		7.62	1147			7.62	1074			7.62	851		
0.400		10.16	1983			10.16	1754			10.16	1632		
0.500		12.70	2687			12.70	2546			12.70	2214		

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**TEMA** : TRABAJO DE INVESTIGACION FACTOR DE AHUELLAMIENTO  
**PROVINCIA** : HUANCAYO  
**CLIENTE** : Karem Gilvonio.

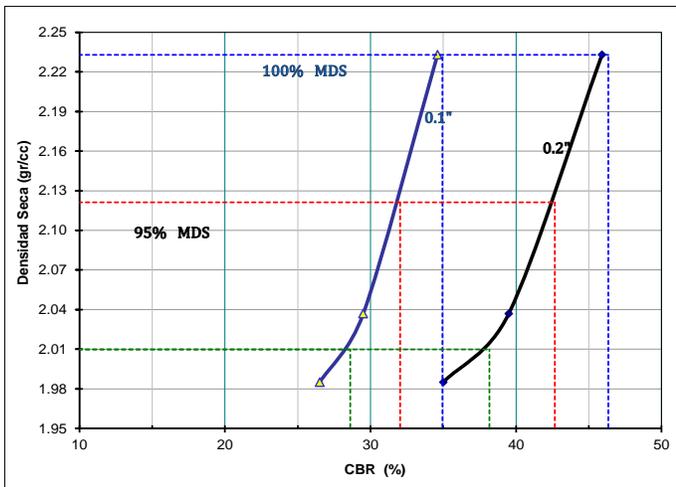
**DEPARTAMENTO** : JUNIN  
**FECHA** : 30-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)**  
 (MTC E132)

**CANTERA** : HUANCAVELICA  
**MUESTRA** : 50-50

**HECHO POR** : K. GILBONIO

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**



**RESULTADOS:**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	34.9	0.2":	46.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	32.0	0.2":	42.7

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2.246	g/cc
Optimo Humedad	8.04	%

**OBSERVACIONES:**

- MATERIAL NATURAL

