

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE  
INGENIERIA CIVIL



**“EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 155+000 – KM 160+000 UBICADO EN EL DISTRITO DE HUAURA, PROVINCIA DE HUAURA, DEPARTAMENTO DE LIMA”**

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

**TESISTAS:**

Bach. DIAZ SANDOVAL JUNIOR JOSIMAR

Bach. ESPINOZA MIRANDA NORLY JOHANA

**ASESOR:**

Ms.Ing. ABNER ITAMAR LEON BOBADILLA

**NUEVO CHIMBOTE- PERÚ**

**2017**



## DEDICATORIA

*A Dios, quien me ha acompañado siempre, en los momentos buenos y también en los difíciles dándome fortaleza y aumentando más mi fe en Él.*

*A mi Padre, Wilfredo, por su apoyo, por ser mi ejemplo de lucha y esfuerzo, de trabajo constante. Gracias por tus consejos y por siempre inculcar en mí el estudio y la preparación.*

*A mi Madre, Isabel, por darme palabras de aliento cuando más las necesité, por confiar en mí, por ser mi ejemplo de fortaleza y gran ternura.*

*A mis hermanas, Neisy y Gaby, por todo el apoyo brindado, por su compañía y consejos que me han permitido crecer como persona.*

*A mis sobrinas; Ariana, Fabiana y Andrea, que desde que formaron parte de mi vida me han sacado más de mil sonrisas, por recordarme esa esencia pura con la que todos nacemos y que debemos tratar de conservar.*

**Johana**



## DEDICATORIA

“A DIOS por ser mi guía en este largo camino, por darme fuerzas para continuar durante momentos de debilidad, por darme la salud y la energía necesaria para seguir luchando, por brindarme el milagro y la dicha de vivir”.

“A mis padres, hermanas y familiares por brindarme su apoyo incondicional y su comprensión, en especial a mi Madre Iris Sandoval por su amor infinito, su sacrificio e inspiración”.

“A mis profesores, por todas sus enseñanzas impartidas en estos años de estudio en las aulas, sus consejos, a mi asesor, el Ing. Abner y mi Jurado por su dedicación y Orientación”.

“A Franks Luera Roldan por ser un excelente amigo y hermano; a quienes me ayudaron y con quienes compartí muchos momentos buenos, malos y gratas experiencias”.

**Junior**



## AGRADECIMIENTO

En forma muy similar agradecemos a Dios, a nuestros padres, hermanos y familiares; por estar siempre presentes, por ese cariño y apoyo incondicional en todo momento.

A nuestro asesor, Ms.Ing. Abner León Bobadilla, quien nos orientó siempre hacia adelante y mostró una gran paciencia en las interminables revisiones de cada capítulo, nos manifestó de manera valiosa todo su respaldo y aliento.

Sus ideas y sugerencias han hecho que este trabajo sea más claro y concreto y que en un futuro pueda servir a nuestros colegas.

A la Universidad Nacional del Santa, a todos aquellos ingenieros y docentes de clases, por la difusión de los conocimientos adquiridos, que contribuyeron en nuestra formación profesional.

A nuestros amigos, por los consejos, la motivación y el apoyo que nos brindaron oportunamente para dar un paso más en nuestra vida profesional.



## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>17</b>
<b>CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>18</b>
<b>1.1 ASPECTOS INFORMATIVOS.....</b>	<b>19</b>
1.1.1. TÍTULO .....	19
1.1.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	19
1.1.3. UBICACIÓN.....	19
<b>1.2. PLAN DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>20</b>
1.2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	20
1.2.2. OBJETIVOS .....	20
1.2.3. HIPÓTESIS .....	21
1.2.4. VARIABLES .....	21
1.2.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE .....	21
1.2.4.1. VARIABLE DEPENDIENTE.....	21
1.2.5. TIPO DE DISEÑO.....	22
1.2.6. ESTRATEGIA DE TRABAJO .....	22
1.2.6.1. MÉTODO DE ESTUDIO.....	22
1.2.6.2. POBLACIÓN MUESTRAL .....	22
1.2.6.3. UNIDAD DE ANÁLISIS .....	22
1.2.6.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN.....	22
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1. LAS REDES VIALES: .....</b>	<b>24</b>
2.1.1. LAS REDES VIALES EN EL PERÚ: .....	24
2.1.2. SISTEMA DEPARTAMENTAL DE TRANSPORTE: .....	25
2.1.3. DEFINICIÓN DE CARRETERA.....	26
2.1.3.1. Clasificación de las carreteras.....	27
<b>2.2. PAVIMENTOS .....</b>	<b>31</b>
2.2.1. DEFINICION DE PAVIMENTOS.....	31
2.2.2. CONSTITUCIÓN DE LOS PAVIMENTOS.....	32
2.2.3. FUNCIONES DE LOS PAVIMENTOS.....	35



2.2.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS PAVIMENTOS.....	36
2.2.5. CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS .....	38
2.2.5.1. Pavimentos Flexibles.....	38
2.2.5.2. Pavimentos Rígidos.....	39
2.2.5.3. Pavimentos Mixtos o Compuestos .....	39
2.2.6. FUNCIONES DE LAS CAPAS DE UN PAVIMENTO .....	40
2.2.6.1. Funciones de las capas de un pavimento flexible .....	40
2.2.6.2. Funciones de las capas de un pavimento rígido .....	42
2.2.7. FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS ....	43
2.2.8. CICLO DE VIDA DE LOS PAVIMENTOS .....	46
2.2.9. CICLO DE VIDA DESEABLE DEL PAVIMENTO:.....	49
<b>2.3. ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS (EMS): .....</b>	<b>53</b>
2.3.1. TRABAJO DE CAMPO .....	54
2.3.1.1. CALICATAS.....	54
2.3.1.2. TRINCHERAS.....	57
2.3.1.3. MUESTREO .....	57
2.3.2. ENSAYOS DE LABORATORIO .....	61
2.3.2.1. CONTENIDO DE HUMEDAD.....	62
2.3.2.2. PESO ESPECÍFICO .....	63
2.3.2.3. ANALISIS GRANULOMÉTRICO .....	64
2.3.2.4. LÍMITES DE CONSISTENCIA .....	66
2.3.3. ENSAYOS DE CONTROL O INSPECCIÓN.....	67
2.3.4. REQUISITOS DE LOS MATERIALES.....	80
2.3.4.1. De la Subbase.....	80
2.3.4.2. De la Base.....	82
2.3.4.3. De los pavimentos asfálticos .....	84
<b>2.4. OBRAS DE ARTE.....</b>	<b>89</b>
2.4.1. DRENAJE SUPERFICIAL.....	90
2.4.1.1. ALCANTARILLAS .....	90
2.4.1.2. SIFONES INVERTIDOS.....	95
<b>2.5. DISEÑO DE PAVIMENTOS .....</b>	<b>100</b>



2.5.1. DATOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO .....	100
2.5.1.1. Estudio de tráfico .....	100
2.6.1.2. Estudios de mecánica de suelos .....	115
2.6.1.3. Estudios hidrológicos-pluviométricos.....	116
2.6.1.4. Estudios de canteras y fuentes de agua .....	116
2.5.2. MÉTODO AASHTO-93 .....	117
<b>CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>138</b>
<b>3.1. SELECCIÓN DE LUGAR DE ANÁLISIS.....</b>	<b>139</b>
<b>3.2. SELECCIÓN DE LA MUESTRA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A ANALIZAR .....</b>	<b>141</b>
<b>3.3. ESTUDIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS .....</b>	<b>141</b>
3.3.1. ENSAYOS DE LABORATORIO .....	141
<b>3.4. METODOLOGÍA USADA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO .....</b>	<b>142</b>
<b>3.5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA NORMA (EG-2013) .....</b>	<b>143</b>
<b>3.6. EXPEDIENTE TÉCNICO DE OBRA .....</b>	<b>144</b>
3.5.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	144
3.5.1.1. SUB BASE.....	144
3.5.1.2. BASE .....	146
3.5.1.3. MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE (MAC).....	148
3.5.2. DISEÑO DE PAVIMENTOS .....	154
<b>3.7. OBRAS DE ARTE.....</b>	<b>155</b>
<b>CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>157</b>
<b>4.1. RESULTADOS:.....</b>	<b>158</b>
4.1.1. ENSAYOS DE LABORATORIO .....	158
4.1.2. DISEÑO DEL PAVIMENTO.....	159
4.1.3. OBRAS DE ARTE .....	166
<b>4.2. DISCUSIÓN .....</b>	<b>167</b>
4.2.1. DE LOS ENSAYOS REALIZADOS .....	167
4.2.1.1. SUB BASE GRANULAR .....	167
4.2.1.2. BASE GRANULAR.....	176
4.2.1.3. MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE .....	185



---

4.2.2. DEL DISEÑO DEL PAVIMENTO.....	192
4.2.3. DE LAS OBRAS DE ARTE .....	192
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>196</b>
5.1. CONCLUSIONES .....	197
5.2. RECOMENDACIONES .....	199
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>201</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>201</b>





## Índice de Figuras

FIGURA 1: DIAGRAMA DE UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO Y SU RESPECTIVA DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS. ....	31
FIGURA 2: TIPOS DE PAVIMENTO Y SU SECCIÓN ESTRUCTURAL. ....	38
FIGURA 3: CICLO DE VIDA DE LOS PAVIMENTOS SIN MANTENIMIENTO. ....	49
FIGURA 4: CICLO DE VIDA DE LOS PAVIMENTOS CON Y SIN MANTENIMIENTO. ....	50
FIGURA 5: DIAGRAMA DE FLUJO DEL CICLO DE VIDA “FATAL” Y “DESEABLE”. ....	52
FIGURA 6: ESQUEMA DEL CICLO DE VIDA DEL PAVIMENTO DE CONCRETO VS ASFALTO. ....	53
FIGURA 7: EQUIPO PARA EL ENSAYO CBR. ....	73
FIGURA 8: DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CBR. ....	74
FIGURA 9: MÁQUINA DE LOS ÁNGELES. ....	76
FIGURA 10: FORMATO PARA CALCULAR EL MÓDULO DE RESILIENCIA EFECTIVO DE LA SUBRASANTE EN PAVIMENTOS FLEXIBLES. ....	79
FIGURA 11: CAUCES CON FUERTE ESVAJE RESPECTO DEL EJE DEL CAMINO. ....	92
FIGURA 12: UBICACIÓN TÍPICA DE ALCANTARILLAS RESPECTO A LA PENDIENTE DEL CAUCE. ....	93
FIGURA 13: FORMAS DE ALCANTARILLA. ....	94
FIGURA 14: ELEMENTOS DE UN SIFÓN INVERTIDO. ....	96
FIGURA 15: TIPOS DE EJES DE UN VEHÍCULO. ....	102
FIGURA 16: TIPOS DE VEHÍCULOS Y CARGAS POR EJE - I. ....	103
FIGURA 17: TIPOS DE VEHÍCULOS Y CARGAS POR EJE - II. ....	104
FIGURA 18: TIPOS DE VEHÍCULOS Y CARGAS POR EJE - III. ....	105
FIGURA 19: TIPOS DE VEHÍCULOS Y CARGAS POR EJE - IV. ....	106
FIGURA 20: CONFIGURACIÓN DE EJES. ....	113
FIGURA 21: ÁBACO DE DISEÑO AASHTO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES. ....	119
FIGURA 22: ESCALA DEL PSI. ....	120
FIGURA 23: GRÁFICA PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE CAPA DE CONCRETO ASFALTICO DENSO “A1” CON BASE EN EL MÓDULO ELÁSTICO. ....	130
FIGURA 24: VARIACIÓN DE COEFICIENTE DE CAPA DE BASE GRANULAR (A2) CON LA VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA. ....	131
FIGURA 25: VARIACIÓN EN EL COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE CAPA DE SUBBASE GRANULAR “A3” CON VARIOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA DE LA SUBBASE. ....	132



FIGURA 26: VARIACIÓN EN EL COEFICIENTE “A2” PARA BASES TRATADAS CON CEMENTO, CON VARIOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA. ....	133
FIGURA 27: VARIACIÓN EN EL COEFICIENTE ESTRUCTURAL “A2” PARA BASES TRATADAS CON ASFALTO, CON VARIOS PARÁMETROS DE RESISTENCIA. ....	134
FIGURA 28: PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LOS ESPESORES DE LAS CAPAS USANDO LA APROXIMACIÓN DE “ANÁLISIS DE CAPAS” .....	136
FIGURA 29: MAPA DE UBICACIÓN DEL TRAMO DE ESTUDIO. ....	139
FIGURA 30: VISTA SATELITAL DEL TRAMO DE ESTUDIO. ....	140
FIGURA 31: ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO. ....	155
FIGURA 32: CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE MATERIAL DE SUB BASE (KM 155+000-155+500). ....	170
FIGURA 33: CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE MATERIAL DE SUB BASE (KM 156+500-157+000). ....	170
FIGURA 34: CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE MATERIAL DE SUB BASE (KM 157+500-158+000). ....	171
FIGURA 35: CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE MATERIAL DE SUB BASE (KM 158+500-159+000). ....	171
FIGURA 36: CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE MATERIAL DE SUB BASE (KM 159+500-160+000). ....	172
FIGURA 37: CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE MATERIAL DE BASE (KM 155+500-155+500). ....	179
FIGURA 38: CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE MATERIAL DE BASE (KM 156+500-157+000). ....	179
FIGURA 39: CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE MATERIAL DE BASE (KM 157+500-158+000). ....	180
FIGURA 40: CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE MATERIAL DE BASE (KM 158+500-159+000). ....	180
FIGURA 41: CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE MATERIAL DE BASE (KM 159+500-160+000). ....	181
FIGURA 42: CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE MATERIAL DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, LAVADO N°1, PRIMERA CAPA (PROGRESIVAS KM 155+783 – KM 156+465 / KM 156+785 – KM 157+455). ....	186



---

FIGURA 43: CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE MATERIAL DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, LAVADO N°2, PRIMERA CAPA (PROGRESIVAS KM 155+783 – KM 156+465 / KM 156+785 – KM 157+455). .....	186
FIGURA 44: CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE MATERIAL DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, LAVADO N°1, SEGUNDA CAPA (PROGRESIVAS KM 157+787 – KM 158+450 / KM 158+790 – KM 159+900). .....	187
FIGURA 45: CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE MATERIAL DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, LAVADO N°2, SEGUNDA CAPA (PROGRESIVAS KM 157+787 – KM 158+450 / KM 158+790 – KM 159+900). .....	187



## Índice de Tablas

TABLA 1: TAMAÑO DE LOS AGREGADOS SEGÚN ASTM. ....	58
TABLA 2: COMPACIDAD RELATIVA. ....	59
TABLA 3: COMPACIDAD DE LOS SUELOS COHESIVOS.....	60
TABLA 4: RESISTENCIA DE LOS SUELOS COHESIVOS.....	60
TABLA 5: CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN TAMAÑO DE PARTÍCULAS.....	64
TABLA 6: REQUERIMIENTOS GRANULOMÉTRICOS PARA SUBBASE GRANULAR. ....	81
TABLA 7: REQUERIMIENTOS DE ENSAYOS ESPECIALES PARA SUB BASE GRANULAR. ..	81
TABLA 8: REQUERIMIENTOS GRANULOMÉTRICOS PARA BASE GRANULAR.....	82
TABLA 9: VALOR RELATIVO DE SOPORTE, CBR.....	82
TABLA 10: REQUERIMIENTOS DEL AGREGADO GRUESO DE BASE GRANULAR. ....	83
TABLA 11: REQUERIMIENTOS DEL AGREGADO FINO DE BASE GRANULAR.....	83
TABLA 12: SELECCIÓN DEL TIPO DE CEMENTO ASFÁLTICO.....	86
TABLA 13: REQUERIMIENTOS PARA LOS AGREGADOS GRUESOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE.....	86
TABLA 14: REQUERIMIENTOS PARA LOS AGREGADOS FINOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE.....	87
TABLA 15: GRADACIONES DE LOS AGREGADOS PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE.....	88
TABLA 16: PESO MÁXIMO POR EJE O CONJUNTO DE EJES.....	107
TABLA 17: TOLERANCIA DEL PESAJE DINÁMICO.....	107
TABLA 18: RELACIÓN DE CARGAS POR EJE PARA DETERMINAR EJES EQUIVALENTES (EE) PARA AFIRMADOS, PAVIMENTOS FLEXIBLES Y SEMIRRÍGIDOS.....	114
TABLA 19: VALORES DE PT EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA. ....	121
TABLA 20: FACTORES DE DISTRIBUCIÓN POR CARRIL.....	122
TABLA 21: PERIODOS DE DISEÑO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE CARRETERA.....	125
TABLA 22: NIVELES SUGERIDOS DE CONFIABILIDAD, R.....	125
TABLA 23: DESVIACIÓN ESTÁNDAR, ZR. ....	127
TABLA 24: CONDICIONES DE DRENAJE.....	129
TABLA 25: COEFICIENTES DE DRENAJE RECOMENDADOS, MI. ....	129
TABLA 26: ESPESORES MÍNIMOS, EN PULGADAS, EN FUNCIÓN DE LOS EJES EQUIVALENTES. ....	135



TABLA 27: REQUISITOS DE GRANULOMETRÍA PARA MATERIAL DE SUB BASE.....	144
TABLA 28: REQUISITOS DE GRANULOMETRÍA PARA MATERIAL DE BASE. ....	146
TABLA 29: REQUISITOS DE GRANULOMETRÍA PARA DISEÑOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS. .....	148
TABLA 30: REQUISITOS DE GRANULOMETRÍA PARA MATERIAL DE RELLENO DE VACÍOS .....	151
TABLA 31: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE. ....	152
TABLA 32: RESUMEN GENERAL PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE MATERIAL DE SUB BASE EN PISTA.....	158
TABLA 33: RESUMEN GENERAL PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE MATERIAL DE BASE EN PISTA.....	158
TABLA 34: RESUMEN GENERAL DE ENSAYOS MARSHALL (MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EN PLANTA).....	158
TABLA 35: ESAL POR PERIODO DE DISEÑO SEGÚN CARGA POR REGLAMENTO VEHICULAR.....	159
TABLA 36: ESAL CALCULADO.....	160
TABLA 37: MEMORIA DE CÁLCULO DE ESAL.....	161
TABLA 38: CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y MATERIALES SEGÚN PROYECTO. ....	162
TABLA 39: CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y MATERIALES SEGÚN CÁLCULOS.....	162
TABLA 40: RESULTADOS DE CÁLCULO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y MATERIALES. ....	162
TABLA 41: RELACIÓN DE ALCANTARILLAS EXISTENTES.....	166
TABLA 42: RELACIÓN DE SIFONES EXISTENTES.....	167
TABLA 43: RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL DE SUB-BASE GRANULAR, PROGRESIVAS 155+000 - 155+500. ....	168
TABLA 44: RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL DE SUB-BASE GRANULAR, PROGRESIVAS 156+500 - 157+000. ....	168
TABLA 45: RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL DE SUB-BASE GRANULAR, PROGRESIVAS 157+500 - 158+000. ....	168
TABLA 46: RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL DE SUB-BASE GRANULAR, PROGRESIVAS 158+500 - 159+000. ....	169



---

TABLA 47: RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL DE SUB-BASE GRANULAR, PROGRESIVAS 159+500 - 160+000. ....	169
TABLA 48: RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL DE BASE GRANULAR, PROGRESIVAS 155+000 - 155+500. ....	177
TABLA 49: RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL DE BASE GRANULAR, PROGRESIVAS 156+500 - 157+000. ....	177
TABLA 50: RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL DE BASE GRANULAR, PROGRESIVAS 157+500 - 158+000. ....	178
TABLA 51: RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL DE BASE GRANULAR, PROGRESIVAS 158+500 - 159+000. ....	178
TABLA 52: RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL DE BASE GRANULAR, PROGRESIVAS 159+500 - 160+000. ....	178
TABLA 53: RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE.....	185



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se ha desarrollado dentro de un marco descriptivo-experimental, orientado a realizar la evaluación del pavimento y obras de arte mediante los ensayos de mecánica de suelos, asfalto, diseño AASHTO; además de inspecciones visuales en campo, correspondientes a la carretera panamericana norte en el tramo comprendido entre las progresivas Km 155+000 – Km 160+000, ubicado en el Distrito de Huaura, Provincia de Huaura, Departamento de Lima, llegándose a la conclusión de que se encuentran dentro de los parámetros exigidos en el Manual de Carreteras EG-2013, por otro lado presenta deficiencias en las obras de arte y cierto deterioro en algunos puntos del tramo de dicha carretera.



## ABSTRACT

The present research work has been developed within a descriptive-experimental framework, oriented to perform the evaluation of the pavement through the tests of soil mechanics, asphalt and AASHTO design; And the evaluation of the asphalt and works of art through visual field inspections, that correspond to the Pan-American Highway route in the North in the section between the progressive Km 155 + 000 - Km 160 + 000, located in Huaura District, Province of Huaura, Department of Lima, concluding that they are within the parameters required in the EG-2013 Road Manual, on the other hand, it has deficiencies in the works of art and some deterioration in some points of the section of said road.





---

## INTRODUCCIÓN

El ser humano muchas veces es definido como animal social, ya que necesita relacionarse con sus semejantes y con su entorno para poder desempeñar correctamente sus funciones. En este sentido, la existencia de rutas, sendas o caminos proporciona y facilita la creación de vínculos sociales y comerciales entre distintos grupos humanos, bien sean individuos, tribus, pueblos, ciudades o naciones.

Actualmente en el Perú no se cuenta con una Red Vial adecuada para cubrir realmente las necesidades existentes en nuestras ciudades, las carreteras que tenemos se encuentran deterioradas, sin terminar o han quedado en proyecto.

Además, las obras viales en el Perú no cumplen con el periodo de diseño, esto se debe muchas veces por incumplimiento de las especificaciones técnicas y/onormas del reglamento vial durante el proceso constructivo.

De esta manera se puede concluir que uno de los problemas principales a los cuales se enfrenta el país ha sido y es el transporte.

Ante esa problemática se realizó la presente investigación, la cual consiste en la evaluación de la Red Vial y Obras de arte que corresponden a la carretera Panamericana Norte, en el tramo comprendido entre las progresivas Km 155+000 - Km 160+000, ubicado en el Distrito de Huaura, Provincia de Huaura, Departamento de Lima. Esto se realizó con ensayos para verificar la calidad de los materiales que componen la estructura del pavimento y también mediante la inspección visual, analizando los valores hallados.



# CAPITULO I:

# ASPECTOS GENERALES



## CAPÍTULO I

### ASPECTOS GENERALES

#### 1.1 ASPECTOS INFORMATIVOS

##### 1.1.1. TÍTULO

**“EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 155+000-KM 160+000 UBICADO EN EL DISTRITO DE HUAURA, PROVINCIA DE HUAURA, DEPARTAMENTO DE LIMA”**

##### 1.1.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Descriptiva, teniendo en cuenta el nivel de investigación, se enmarcará dentro de un diseño experimental.

##### 1.1.3. UBICACIÓN

Distrito	: Huaura
Provincia	: Huaura
Departamento	: Lima
Región	: Lima



## 1.2. PLAN DE INVESTIGACIÓN

### 1.2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Generalmente el proceso constructivo en las obras viales, como en la pavimentación en el Perú no cumple con el periodo de diseño, por incumplimiento de las especificaciones técnicas y normas del reglamento vial.

El tramo comprendido entre las progresivas Km 155+000 - km 160+000, se desarrolla en el departamento de Lima, atravesando la ciudad de Huaura. Es una vía de gran importancia para las ciudades que interconecta y para el país, pues, contribuye a su desarrollo.

Ante esta realidad, se plantea la siguiente interrogante:

**¿Se puede realizar una evaluación de la Pavimentación y de las Obras de Arte en el tramo comprendido entre las progresivas Km 155+00 - Km 160+000 de la Carretera Panamericana Norte, ubicados en el Distrito de Huaura, Provincia de Huaura, Departamento de Lima?**

### 1.2.2. OBJETIVOS

#### 1.2.2.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la Red Vial y Obras de Arte que corresponden a la carretera Panamericana Norte, en el tramo comprendido entre las progresivas Km 155+000 – Km 160+000, ubicado en el Distrito de Huaura, Provincia de Huaura, Departamento de Lima; que podría no estar ejecutado correctamente.



### 1.2.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar las características de la vía con los parámetros del Manual de Carreteras EG – 2013.
- Determinar el estado situacional del pavimento y de sus correspondientes obras de arte que allí se encuentren, mediante la inspección en forma visual.
- Brindar propuestas para el mantenimiento del pavimento.

### 1.2.3. HIPÓTESIS

Si se realiza una evaluación de la Red Vial y de Obras de Arte de la Carretera Panamericana Norte, en el tramo comprendido entre las progresivas Km 155+00 – Km 160+000, entonces se pondrá en evidencia el verdadero período de vida útil y la calidad de los componentes del pavimento flexible considerado en el diseño.

### 1.2.4. VARIABLES

#### 1.2.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Supuesto proceso constructivo deficiente que normalmente se hace en las obras viales del Perú (Pavimentos flexibles)

#### 1.2.4.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Evaluación de la Pavimentación de la Red Vial de la Panamericana entre el tramo Km 155+000 – Km 160+000 y Obras de Arte en dicho tramo



### **1.2.5. TIPO DE DISEÑO**

El diseño de estudio será descriptivo, realizando un análisis cuantitativo de las especificaciones técnicas en la estructura del pavimento y obras de arte en la carretera Panamericana Norte en el tramo comprendido desde el Km 155+000 hasta Km 160+000

### **1.2.6. ESTRATEGIA DE TRABAJO**

#### **1.2.6.1.MÉTODO DE ESTUDIO**

Se realizará mediante el método de apuntes y recopilación de datos

#### **1.2.6.2.POBLACIÓN MUESTRAL**

Tramo de la carretera Panamericana Norte entre las progresivas Km 155+000 y Km 160+000 más las obras de arte, en el Distrito de Huaura, Departamento de Lima.

#### **1.2.6.3.UNIDAD DE ANÁLISIS**

Metro lineal

#### **1.2.6.4.TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN**

- Máquina CBR
- Molde PROCTOR MODIFICADO
- Máquina ABRASIÓN LOS ANGELES
- Conteo
- Métodos Estadísticos



## CAPITULO II:

# MARCO TEÓRICO



## 2.1. LAS REDES VIALES:

Las redes viales son toda superficie terrestre, pública o privada, por donde circulan peatones y vehículos, que está señalizada y bajo jurisdicción de las autoridades nacionales y/o provinciales, responsables de la aplicación de las leyes de tránsito.

Los elementos principales de una red vial son diseñados, de acuerdo a su importancia, para crear autopistas, rutas nacionales o provinciales, caminos vecinales, rurales, avenidas, calles y veredas.

Las redes viales son las responsables de integrar a los pueblos dentro y fuera de un país ya que permiten el traslado de personas, de bienes y servicios y son sinónimo de prosperidad. En efecto, el desarrollo de las redes viales de un país está ligado íntimamente a su progreso ya que fomenta el crecimiento económico al reducir los costos de transporte de mercancías y fomenta el intercambio de ideas y pensamientos difundiendo cultura y educación entre los pueblos.

### 2.1.1. LAS REDES VIALES EN EL PERÚ:

La red vial en el Perú está compuesta por más de 78,000 kilómetros, que se presentan a continuación clasificadas por su funcionalidad en:

- Red vial nacional con 17,000 kilómetros.
- Red vial departamental con 14,000 kilómetros.
- Red vial vecinal o rural con 47,000 kilómetros.

El tipo de estructura que conforma el camino se diseña considerando parámetros como el tipo de vía, la calidad de los suelos de cimentación e





indicadores de tránsito. Los tres tipos de estructuras concretan caminos pavimentados, afirmados y sin afirmar.

Las redes viales nacionales y departamentales están a cargo del PROVÍAS, organismo descentralizado del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) que cuenta con autonomía técnica, administrativa y financiera y está encargado de la ejecución de proyectos de construcción, mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento de la red vial nacional y departamental, con el fin de brindar a los usuarios un medio de transporte eficiente y seguro, que contribuya a la integración económica y social del país. PROVÍAS NACIONAL administra la red vial nacional y PROVÍAS DESCENTRALIZADO la red vial departamental.

Algunas rutas han sido concesionadas a empresas privadas para su construcción y/o mejoramiento y mantenimiento respectivo por un determinado número de años, según contratos firmados con el Estado.

En el caso de las redes vecinales, están bajo la administración de los gobiernos locales.

### **2.1.2. SISTEMA DEPARTAMENTAL DE TRANSPORTE:**

En la Región de Lima, el transporte se desarrolla a través de los modos terrestre, aéreo, y marítimo, siendo el más utilizado, el modo terrestre por carretera, con el 80% en lo relacionado a transporte de mercancías.

Debido a la ubicación estratégica de la Región y a las facilidades de comunicación con los grandes mercados nacionales e internacionales, las actividades comerciales se han centralizado en la ciudad de Lima, lo



que ha ocasionado, en algunas zonas al interior de la región, estancamiento y en otras marginación, encontrándose éstas a espaldas de la modernidad y al progreso, por falta – entre otros aspectos – de una integración vial adecuada con la región.

La Red Vial de carácter departamental está conformada por carreteras que constituyen la red vial circunscrita a la zona de un departamento, uniendo las principales capitales de provincia de ese departamento. En el caso de la Región Lima es de 1,949.29km., representa el 25.80% del total de la red vial.

### **2.1.3. DEFINICIÓN DE CARRETERA**

Es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad.

En el proyecto integral de una carretera, el diseño geométrico es la parte más importante, ya que a través de él se establece su configuración geométrica tridimensional, con el propósito de que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente.

Una vía será funcional de acuerdo a su tipo, características geométricas y volúmenes de tránsito, de tal manera que ofrezca una adecuada movilidad a través de una suficiente velocidad de operación.



La vía será cómoda en la medida en que se disminuyan las aceleraciones de los vehículos y sus variaciones, lo cual se logrará ajustando las curvaturas de la geometría y sus transiciones a las velocidades de operación por las que optan los conductores a lo largo de los tramos rectos.

La vía será estética al adaptarla al paisaje, permitiendo generar vistas agradables a las perspectivas cambiantes, produciendo en el conductor un recorrido fácil.

La vía será compatible con el medio ambiente, adaptándola en lo posible a la topografía natural, a los usos del suelo y al valor de la tierra, y procurando mitigar o minimizar los impactos ambientales.

### **2.1.3.1. Clasificación de las carreteras**

#### **2.1.3.1.1. Clasificación por demanda**

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

##### **Autopistas de Primera Clase**

Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6.000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6,00m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.



---

## **Autopistas de Segunda Clase**

Son carreteras con un IMDA entre 6.000 y 4.001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6,00m hasta 1,00m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

## **Carreteras de Primera Clase**

Son carreteras con una IMDA entre 4.000 y 2.001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,60m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

## **Carreteras de Segunda Clase**

Son carreteras con IMDA entre 2.000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,30m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de



seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada

### **Carreteras de Tercera Clase**

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

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

### **Trochas Carrozables**

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4,00m, en cuyo caso de construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500m.

La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.



### **2.1.3.1.2. Clasificación por orografía**

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

#### **Terreno plano (tipo 1)**

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

#### **Terreno ondulado (tipo 2)**

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

#### **Terreno accidentado (tipo 3)**

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

#### **Terreno escarpado (tipo 4)**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%,

exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su trazado.

## 2.2. PAVIMENTOS

### 2.2.1. DEFINICION DE PAVIMENTOS

El pavimento es un elemento estructural monocapa o multicapa que descansa sobre la porción superior del terreno(sub rasante), en corte o relleno que ha sido nivelada, perfilada y compactada, 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, como se muestra en la figura 1.

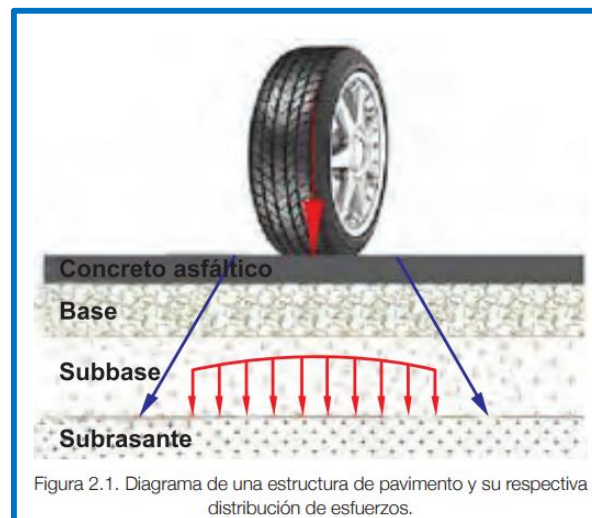


Figura 1: Diagrama de una estructura de pavimento y su respectiva distribución de esfuerzos.

*Fuente: Calderón, A. (2011).*

La o las capas superpuestas del pavimento, relativamente horizontales, se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados, estas han de resistir adecuadamente los



esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento.

Las terracerías, la capa sub rasante y el terreno natural no forman parte de la estructura del pavimento.

## **2.2.2. CONSTITUCIÓN DE LOS PAVIMENTOS**

La constitución del pavimento varía de acuerdo al tipo de pavimento, sin embargo en su estructura típica está conformado por superficie de rodadura, base y subbase. Cabe recordar que la subrasante es la superficie de una terracería terminada, esto quiere decir que constituye el nexo de unión entre el pavimento y la terracería, sin embargo se ha visto conveniente realizar su definición en esta sección.

### **a) SUPERFICIE DE RODADURA**

Es la parte que soporta directamente las solicitaciones 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.

La superficie de rodadura o capa de desgaste se construye con concreto hidráulico o con mezcla asfáltica en frío o en caliente, denominándose en este caso concreto asfáltico, el cual puede contener algún agente modificador para mejorar alguna de sus características.





## **b) BASE**

La base es la capa situada bajo la superficie de rodadura, y debe comportarse como una capa evidentemente resistente, pues absorbe la mayor parte de los esfuerzos verticales y su rigidez o su resistencia a la deformación bajo las sollicitaciones repetidas del tránsito suele corresponder a la intensidad del tránsito pesado.

## **c) SUB BASE**

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. Proporciona a la base un cimiento uniforme y constituye una adecuada plataforma de trabajo para su colocación y compactación.

Se emplean normalmente sub bases granulares constituidas por materiales cribados o de trituración parcial, suelos estabilizados con cemento, etc.

Las principales funciones, tanto de las bases como de las sub bases, son: recibir y resistir las cargas del tránsito a través de la capa que constituye la superficie de rodamiento (carpeta asfáltica o losas de concreto); transmitir estas cargas, adecuadamente distribuidas a las terracerías; impedir que la humedad de las terracerías ascienda por capilaridad, y en caso de introducirse agua por la parte superior, permitir que el líquido descienda hasta la capa sub rasante, donde se desaloja al



exterior por el efecto de bobeo o la sobre elevación.

#### **d) SUB RASANTE**

Esta capa es considerada como la cimentación del pavimento y en ocasiones puede estar constituida por el terreno natural, cuando este es de buena calidad, o bien, por un material seleccionado.

La capa sub rasante, debe recibir y soportar las cargas producidas por el tránsito, que le son transmitidas por el pavimento, dentro de un período de tiempo determinado (que corresponde al periodo del proyecto), sin sufrir deterioros o deformaciones que afecten la integridad del pavimento.

Se debe tener mucho cuidado en la selección, tratamiento y compactación de esta capa ya que es de vital importancia en la permanencia de los pavimentos y además muchas causas de falla se encuentran en ella.

Así mismo debe tenerse cuidado en la ejecución de los rellenos en zanjas en instalaciones de agua, alcantarillado y electricidad en obras de habilitación urbana o en obras de arte para el caso de carreteras debido a que si se realiza una mala compactación de las capas superiores se podría producir alguna rotura en las tuberías viéndose reflejadas más adelante en las capas superiores.

Las funciones de la capa sub rasante deben ser:

- Transmitir y distribuir de modo adecuado las cargas del tránsito al



cuerpo del terraplén.

- Evitar que los materiales finos plásticos que formen el cuerpo del terraplén contaminen el pavimento.
- Evitar que las terracerías, cuando estén formadas principalmente por fragmentos de roca (piedraplen), absorban el pavimento.
- Uniformizar los espesores de pavimento, sobre todo cuando varían mucho los materiales de terracerías a lo largo del camino.
- Economizar espesores de pavimentos, en especial cuando los materiales de las terracerías requieren un espesor importante.

#### **e) SUELO DE FUNDACIÓN:**

Es el terreno conformado por suelo, roca o mezclas de ambos, en corte, relleno, o en corte y relleno compensados, cuya porción nivelada, perfilada y compactada, sirve de soporte al pavimento.

Los suelos de fundación en corte pueden encontrarse en la naturaleza en bancos uniformes de suelos granulares, cohesivos o intermedios. Pero lo más probable es encontrarlos en bancos heterogéneos de mezclas de suelos en proporciones infinitamente variadas como por ejemplo los suelos en relleno, conocidos como terraplenes.

### **2.2.3. FUNCIONES DE LOS PAVIMENTOS**

El pavimento tiene diversas funciones como son:

- Proporcionar una superficie de rodamiento seguro, cómodo y de características permanentes, bajo las cargas repetidas del tránsito a lo largo del periodo de diseño considerado.



- Resistir el tránsito previsto para el período de diseño y distribuir las presiones verticales producidas por las cargas del tránsito, de tal forma que solo llegue una mínima porción de estas cargas a la capa subrasante, para que esta sea capaz de soportarlas.
- Constituir una estructura que sea capaz de resistir los factores climatológicos del lugar en el que es construido; en especial factores como el agua y la temperatura, ya que son estos los que producen efectos más adversos en el comportamiento de los materiales que constituyen en pavimento.

#### 2.2.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS PAVIMENTOS

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir los siguientes requisitos:

##### **Características funcionales:**

Corresponde a la superficie de rodamientos y son las que más afectan a los usuarios. Tenemos:

- Resistencia al derrapamiento: Ésta es obtenida a través de una adecuada textura en la superficie de rodamiento, esta textura debe ser adaptada para las velocidades de circulación previstas en el diseño.
- Regularidad transversal y longitudinal en la superficie de rodamiento: Esta característica afecta directamente la comodidad del usuario y en la medida de la severidad de las deformaciones presentes en el pavimento, se podrá o no alcanzar la velocidad considerada en el proyecto.



- Propiedades de reflexión luminosa: Estas propiedades son importantes para la conducción nocturna y para el diseño apropiado de las instalaciones de iluminación.
- Drenaje superficial rápido: Esta característica evita que el espesor de la película de agua que escurre sobre la superficie de rodamiento sea considerable, y con esto impide el efecto conocido como acuaplaneo.

### **Características estructurales:**

Están relacionadas con las características mecánicas de los materiales utilizados para la construcción de las diferentes capas que conforman el pavimento. Estas características mecánicas definen el espesor de cada capa. En este sentido, el análisis mecánico da una idea de los efectos producidos por las cargas del tránsito, en cuanto a estados de esfuerzo y deformaciones.

Es decir, la vida útil de los pavimentos, depende en gran medida de las características estructurales. Estas características son de interés de las personas encargadas de operar y conservar los pavimentos.

Además de las consideraciones funcionales y estructurales, en los pavimentos se requieren que sean considerados los aspectos constructivos, para poder realizar un análisis de costos y este análisis de costos debe ser sustentado con la previsión del comportamiento de los pavimentos durante el periodo de diseño, la conservación necesaria y la estimación de refuerzos estructurales después del periodo de diseño.

## 2.2.5. CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS

Actualmente se cuenta con una gran variedad de pavimentos que, atendiendo los criterios tradicionales, básicamente pueden clasificarse en: Pavimentos flexibles, pavimentos rígidos, mixtos o compuestos.

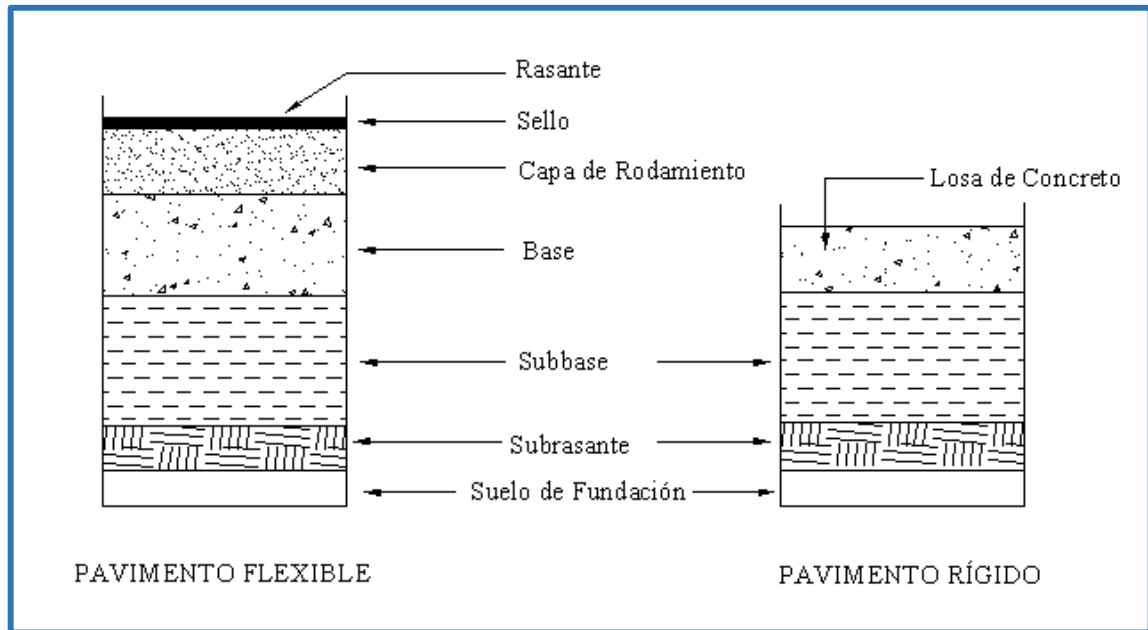


Figura 2: Tipos de pavimento y su sección estructural.

Fuente: Elaboración propia en base al libro: *Diseño y construcción de Pavimentos*. VIVAR, G. (1995).

### 2.2.5.1. Pavimentos Flexibles

Son aquellos que tienen una base flexible o semi-rígida, sobre la cual se ha construido una capa de rodamiento formada por una mezcla bituminosa de alquitrán o asfalto, por lo que también se les conocen como pavimentos asfálticos. Resultan más económicos en su construcción inicial, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil.



El incremento, tanto en intensidad como en número de las aplicaciones de cargas, llevó en su momento a la realización de pavimentos con mayor capacidad estructural, recurriendo a capas tratadas o estabilizadas con cemento o con un espesor considerable de mezclas asfálticas.

### **2.2.5.2. Pavimentos Rígidos**

La superficie de rodamiento es proporcionada por losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presentan un armado de acero. Por su mayor rigidez distribuyen las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y de las losas adyacentes que trabajan en conjunto con la que recibe directamente la carga.

A excepción de los bordes de las losas y las juntas, sin pasajuntas, las deflexiones y deformaciones elásticas son casi nulas. El mantenimiento que requiere es mínimo y comúnmente solo se efectúa en las juntas de las losas.

### **2.2.5.3. Pavimentos Mixtos o Compuestos**

Los pavimentos mixtos o compuestos, están conformados por una capa de concreto hidráulico, cubierta por una carpeta asfáltica, se emplean en calles y su justificación se basa, en la presencia de redes y servicios bajo la vialidad, que deben protegerse de la acción de tránsito.

Su posición impide efectuar excavaciones a mayor profundidad para alojar una estructura del pavimento flexible convencional. Asimismo,



pueden tener una mayor capacidad estructural y por consiguiente un mejor desempeño.

## 2.2.6. FUNCIONES DE LAS CAPAS DE UN PAVIMENTO

### 2.2.6.1. Funciones de las capas de un pavimento flexible

#### *Sub base granular*

- **Función económica:** Una de las principales funciones de esta capa es netamente económica; en efecto, el espesor total que se requiere para que en nivel de esfuerzos en la subrasante sea igual o menor que su propia resistencia, puede ser construido con materiales de alta calidad; sin embargo, es preferible distribuir las capas más calificadas en la parte superior y colocar en la parte inferior del pavimento la capa de menor calidad la cual es frecuentemente la más barata. Esta solución puede traer consigo un aumento en el espesor total del pavimento y, no obstante, resulta ser más económica.
- **Capa de transición.** La sub base bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante y, por otra parte, actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la subrasante la contaminen menoscabando su calidad.
- **Disminución de las deformaciones:** Algunos cambios volumétricos de la capa subrasante, generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansiones), o a cambios extremos de





temperatura (heladas) pueden absorberse con la capa subbase, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.

- Resistencia: La sub base debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidos a un nivel adecuado a la subrasante.
- Drenaje: En muchos casos la sub base debe drenar el agua, que se introduzca a través de la carpeta o por las bermas, así como impedir la ascensión capilar

### ***Base granular***

- Resistencia: La función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la sub base y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada
- Función económica: respecto a la carpeta asfáltica, la base tiene una función económica análoga a la que tiene la sub base respecto a la base.

### ***Superficie de rodadura.***

- La superficie de rodadura debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito.
- Impermeabilidad: Hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento.



- Resistencia: Su resistencia a la tensión complementa la capacidad estructural del pavimento.

### 2.2.6.2. Funciones de las capas de un pavimento rígido

#### ***La subbase***

La función más importante es impedir la acción del bombeo en las juntas, grietas y extremos del pavimento. Se entiende por bombeo a la fluencia de material fino con agua fuera de la estructura del pavimento, debido a la infiltración de agua por las juntas de las losas. El agua que penetra a través de las juntas licúa el suelo fino de la subrasante facilitando así su evacuación a la superficie bajo la presión ejercida por las cargas circulantes a través de las losas.

- Servir como capa de transición y suministrar un apoyo uniforme, estable y permanente del pavimento
- Facilitar los trabajos de pavimentación
- Mejorar el drenaje y reducir por tanto al mínimo la acumulación de agua bajo el pavimento
- Ayudar a controlar los cambios volumétricos de la subrasante y disminuir al mínimo la acción superficial de tales cambios volumétricos sobre el pavimento
- Mejorar en parte la capacidad del soporte del suelo de la subrasante

#### ***Losa de concreto***

Las funciones de la losa en el pavimento rígido son las mismas de la



carpeta en el flexible, más la función estructural de soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que le apliquen

## **2.2.7.FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS**

### ***Efectos del medio ambiente***

En el diseño de la propia estructura de los pavimentos nos debe interesar su comportamiento bajo efectos de temperatura y humedad. En este sentido, deben ser objeto de consideración las temperaturas extremas diarias y estacionales, así como el régimen e intensidad de las precipitaciones pluviales, aspectos que además influyen durante el proceso constructivo.

El agua afecta a los materiales que constituyen los pavimentos en distintas formas, modificando o alterando algunas de sus propiedades: Resistencia al esfuerzo cortante, cohesión, expansión-contracción, erosión, grado de compactación, corrosión, envejecimiento de los asfaltos, adherencia entre agregado y asfalto y efecto de congelamiento-deshielo.

### ***Características y propiedades de los materiales***

Como parámetro fundamental, dentro de las características y propiedades de los materiales de cimentación de los pavimentos, se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas de tránsito.

De igual manera, debe considerarse la sensibilidad del suelo a la



humedad, tanto en lo que se refiera a su resistencia, como a las eventuales variaciones de volumen, es decir, a los fenómenos de expansión y contracción.

Por lo general, el parámetro de resistencia utilizado para caracterizar la resistencia de los materiales, es el valor relativo de soporte, aunque actualmente algunos métodos emplean el Módulo de Resiliencia (MR), siendo común, manejar correlaciones entre estos dos parámetros.

### ***Efectos del tránsito***

El efecto que provoca el tránsito sobre los pavimentos, constituye sin duda uno de los principales factores para el diseño.

En ese sentido, nos deben interesar las cargas más pesadas por eje, esperadas en el carril de proyecto y que generalmente es el más solicitado; dado que éste determinará la estructura del pavimento, durante el periodo del proyecto adoptado. Sin embargo, en los casos de vialidades con carriles múltiples, podrá realizarse un diseño con estructuras y espesores diferenciados, en función del tránsito asignado a cada carril.

La repetición de cargas y la acumulación de sus efectos sobre los pavimentos, como la fatiga o la deformación permanente, son fundamentales para el cálculo del dimensionamiento de sus capas. Por otro lado, se deben tomar en cuenta las máximas presiones de contacto, las sollicitaciones tangenciales en tramos especiales, como son curvas, zonas de frenado y aceleración, entre otros; las velocidades de aplicaciones en particular, las lentas en rampas y zonas de



estacionamiento de vehículos pesados, entre otros.

### ***Factores económicos***

Es claro que ninguna entidad es partidaria de gastar su presupuesto en números mayores que lo necesario en casa caso, pero el gasto necesario difícilmente coincide con la mínima inversión inicial y en ocasiones suele ser mayor, por tener que tomar en cuenta otros factores.

De esta manera, el criterio del costo inicial mínimo ha llevado a infraestructuras deficientes en muchos casos; no preparadas para un futuro uso y crecimiento y a veces, con un funcionamiento defectuoso.

En este sentido, el criterio del ingeniero no puede desarrollarse, obviamente, sin una consideración de los factores económicos involucrados, pero estos resultan siempre de una amplitud y balance que trasciende enormemente las consideraciones preponderantes del costo inicial de la construcción.

Por otro lado, construidos los pavimentos y a medida que transcurre el tiempo, deben conservarse y operar para cumplir sus fines de propiciar un óptimo transporte, es decir, se tienen que considerar los costos provocados por la conservación normal y aquellos originados por las construcciones periódicas.



## 2.2.8. CICLO DE VIDA DE LOS PAVIMENTOS

Todos los pavimentos se deterioran durante el transcurso del tiempo, debido a los diferentes agentes que actúan sobre ellos, tales como: el agua, el tráfico, la gravedad en taludes, etc. Al comienzo se presentan pocos daños y el pavimento presenta una condición aceptable. Con el paso del tiempo y a causa de la acción del tránsito cada vez mayor, se presentan mayores deterioros y cada uno de estos contribuye en la generación de otros.

Por tanto es importante tener presente el ciclo de vida del pavimento, el cual se plasma mediante una curva de comportamiento, que es una representación histórica de la calidad del pavimento, no considera el mantenimiento ni rehabilitación, debido a esto también se le denomina ciclo de vida “fatal”.

El ciclo de vida del pavimento consta de 4 fases que se describen a continuación:

- **Fase A. Construcción:**

En esta etapa, el estado del pavimento es excelente y cumple con los estándares de calidad necesarios para satisfacer a los usuarios. El costo en el que se ha incurrido hasta esta etapa es la construcción del paquete estructural. (Punto A del gráfico).



- **Fase B. Deterioro lento y poco visible:**

Durante un cierto número de años, el camino va experimentando un proceso de desgaste y debilitamiento lento, principalmente en la superficie de rodadura, aunque, en menor grado, también en el resto de su estructura. Este desgaste se produce en proporción al número de vehículos livianos y pesados que circulan por él, aunque también por la influencia del clima, del agua de las lluvias o aguas superficiales y otros factores. Por otro lado, la velocidad del desgaste depende también de la calidad de la construcción inicial.

Durante la fase B (ver figura 3), el camino se mantiene en aparente buen estado y el usuario no percibe el desgaste, a pesar del aumento gradual de fallas menores aisladas. El camino sigue sirviendo bien a los usuarios y está en condiciones de ser conservado en el pleno sentido del término.

- **Fase C: Deterioro acelerado**

Después de varios años de uso, la superficie de rodadura y otros elementos del camino están cada vez más “agotados”; el camino entra en un período de deterioro acelerado y resiste cada vez menos el tránsito vehicular (ver figura 3). Al inicio de esta fase, la estructura básica del camino aún sigue intacta y la percepción de los usuarios es que el camino se mantiene bastante sólido; sin embargo, no es así. Avanzando más en la fase C, se pueden observar cada vez más daños en la superficie y comienza a deteriorarse la estructura básica, lo cual, lamentablemente, no es visible.



Los daños comienzan siendo puntuales y poco a poco se van extendiendo hasta afectar la mayor parte del camino. Esta fase es relativamente corta, ya que una vez que el daño de la superficie se generaliza, la destrucción es acelerada.

- **Fase D: Descomposición total**

La descomposición total del camino constituye la última etapa de su existencia y puede durar varios años. Durante este período el paso de los vehículos se dificulta seriamente, la velocidad de circulación baja bruscamente y la capacidad del camino queda reducida a sólo una fracción de la original. Los vehículos comienzan a experimentar daños en los neumáticos, ejes, amortiguadores y en el chasis.

En general, los costos de operación de los vehículos suben de manera considerable y la cantidad de accidentes graves también aumenta. Los automóviles ya no pueden circular y sólo transitan algunos camiones y vehículos especiales.



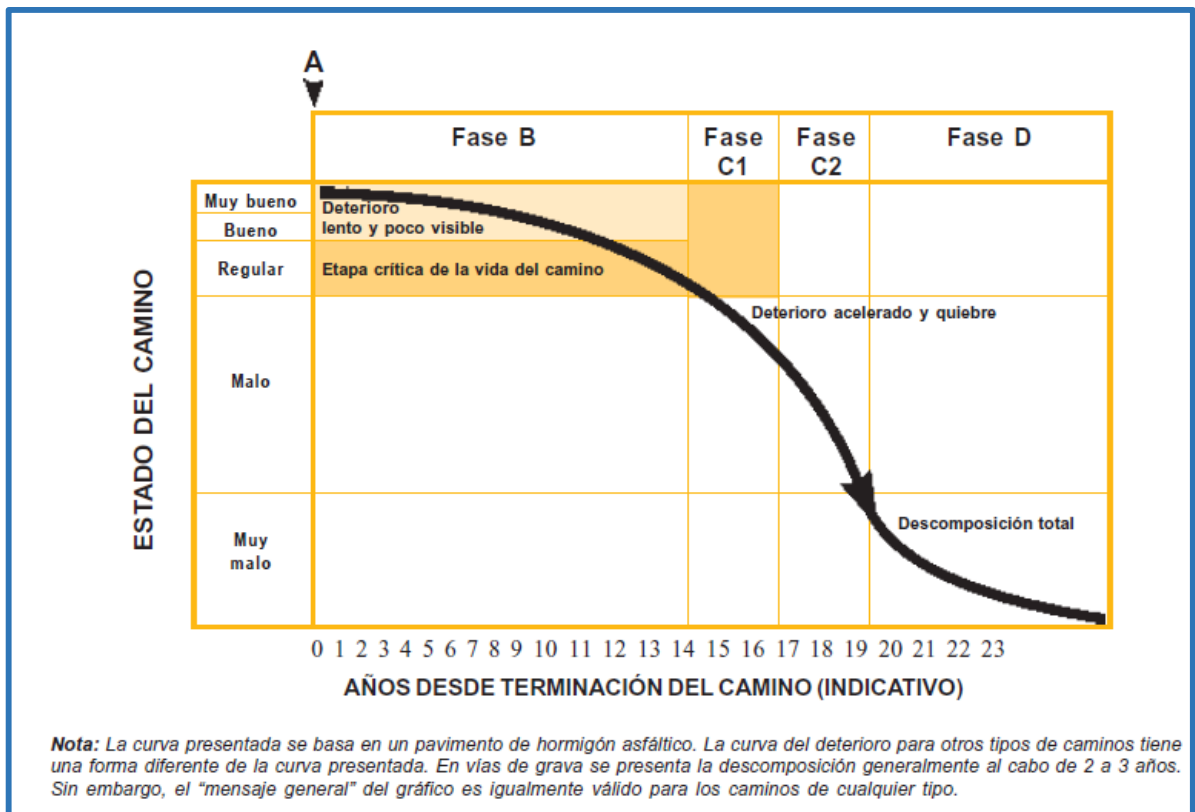


Figura 3: Ciclo de vida de los pavimentos sin mantenimiento.

Fuente: MENÉNDEZ, J. (2003).

De la imagen podemos decir que existe un momento preciso para efectuar ciertos trabajos de conservación y sería muy grave dejar pasar ese momento oportuno para intervenir ya que el atraso produciría daños en la estructura básica del camino.

### 2.2.9. CICLO DE VIDA DESEABLE DEL PAVIMENTO:

Ya se ha visto que el ciclo de vida fatal conduce al deterioro total del pavimento, esto representa el proceso por el cual la mayoría de los pavimentos del país pasan, provocando mayor inversión y molestia por parte de los usuarios. Pero si al pavimento se le realiza un sistema de

mantenimiento adecuado se mantendría dentro de un rango de deterioro aceptable, tal como se aprecia en la siguiente figura.

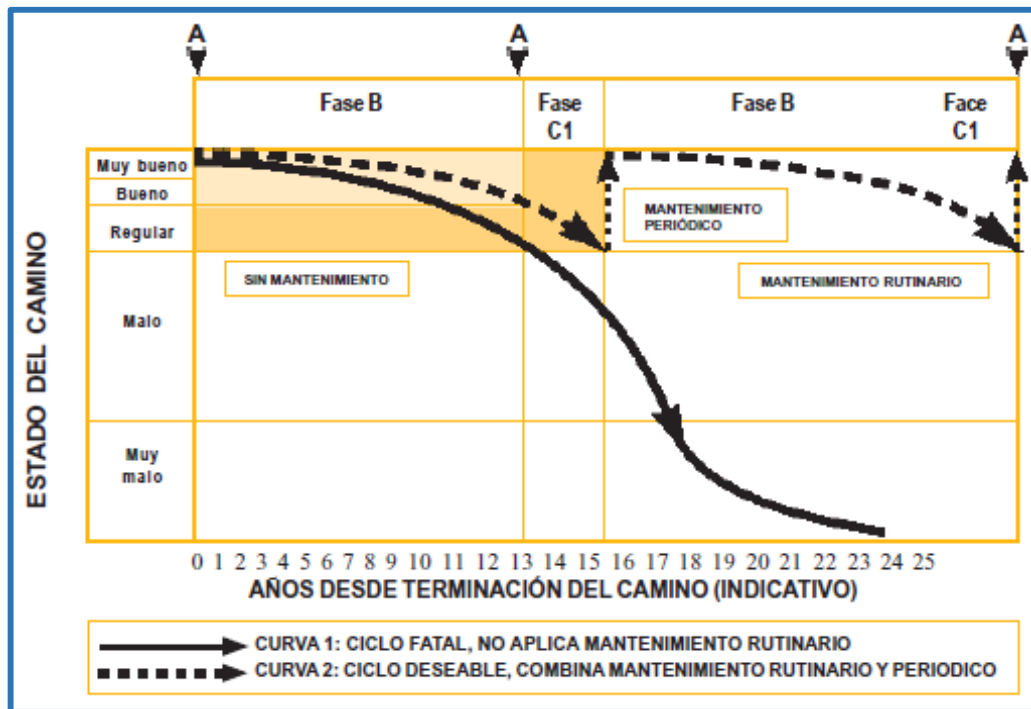


Figura 4: Ciclo de vida de los pavimentos con y sin mantenimiento.

Fuente: MENÉNDEZ, J. (2003).

El ciclo inicia con un camino nuevo o recientemente rehabilitado (estado óptimo de servicio), posteriormente el uso del camino (flujo vehicular e influencia de factores climáticos) genera un desgaste natural del mismo. Se puede lograr una adecuada conservación de los caminos, para esto la autoridad competente debe desarrollar un sistema de mantenimiento rutinario del camino, con lo cual el desgaste será más lento y prolongará en el tiempo la necesidad de intervenir con un mantenimiento periódico. El **Mantenimiento Rutinario** consiste en la reparación localizada de pequeños defectos en la superficie de rodadura; en la nivelación de la misma y de las bermas; en el mantenimiento regular de los sistemas de



drenaje (zanjas, cunetas, etc.), de los taludes laterales, de los bordes y otros elementos accesorios de las vías; en el control del polvo y de la vegetación; la limpieza de las zonas de descanso y de los dispositivos de señalización. Se aplica con regularidad una o más veces al año, dependiendo de las condiciones específicas de la vía.

Todas las actividades de conservación son periódicas, es decir deben ser repetidas cada cierto tiempo, pero la diferencia del **Mantenimiento periódico** con el mantenimiento rutinario es que las actividades “periódicas” se realizan cada cierto número de años. El mantenimiento periódico se aplica generalmente al tratamiento y renovación de la superficie de la vía (restablecer algunas características de la superficie de rodadura, sin constituirse en un refuerzo estructural).

Se puede observar en el siguiente diagrama de flujo cuán importante es realizar a tiempo el mantenimiento a los pavimentos. Se visualiza que para un Ciclo de vida Fatal, la falta de mantenimiento permanente conduce inevitablemente al deterioro del camino, en cambio para un Ciclo de vida Deseable la atención constante del mismo mediante el mantenimiento rutinario sólo requiere cada cierto tiempo trabajos de mantenimiento periódico.

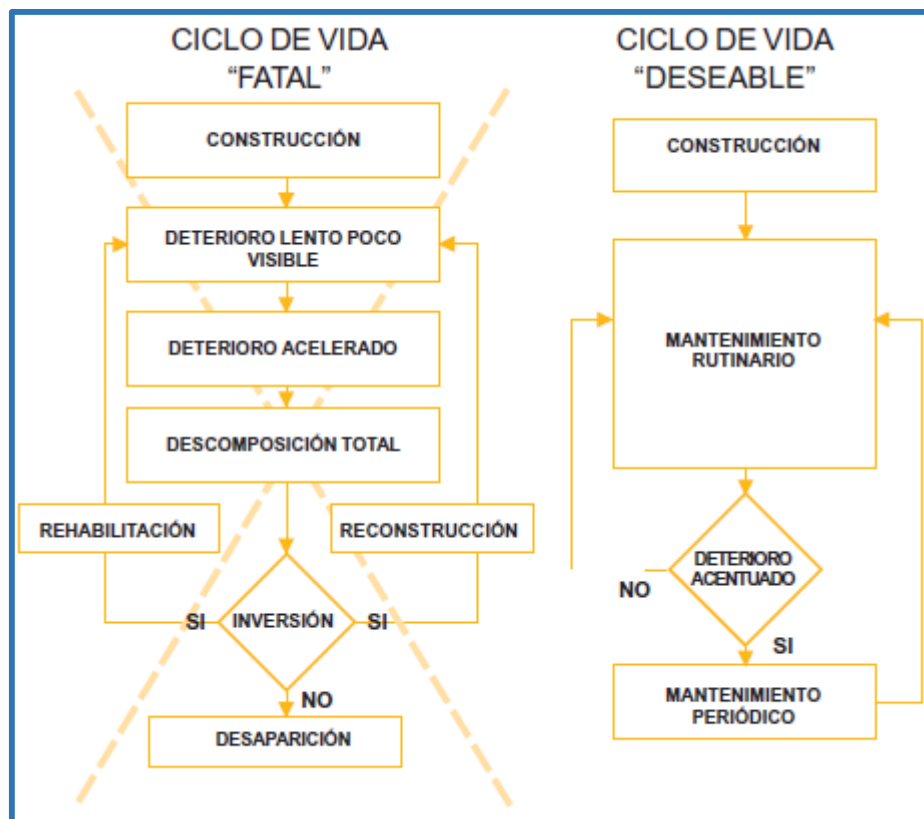


Figura 5: Diagrama de flujo del ciclo de vida "fatal" y "deseable".

Fuente: MENÉNDEZ, J. (2003).

El ciclo de vida para un pavimento asfáltico es diferente que para un pavimento de concreto, mientras que en el asfalto se tiene que realizar mantenimiento periódico monocapa cada cinco o siete años y un refuerzo parcial de cinco centímetros de mezcla asfáltica a los dieciocho y veintitrés años, para el concreto el mantenimiento es mínimo. El concreto marca la diferencia ya que sólo se debe realizar un resellado de juntas entre los quince y veinte años, por lo que se favorece en la evaluación.

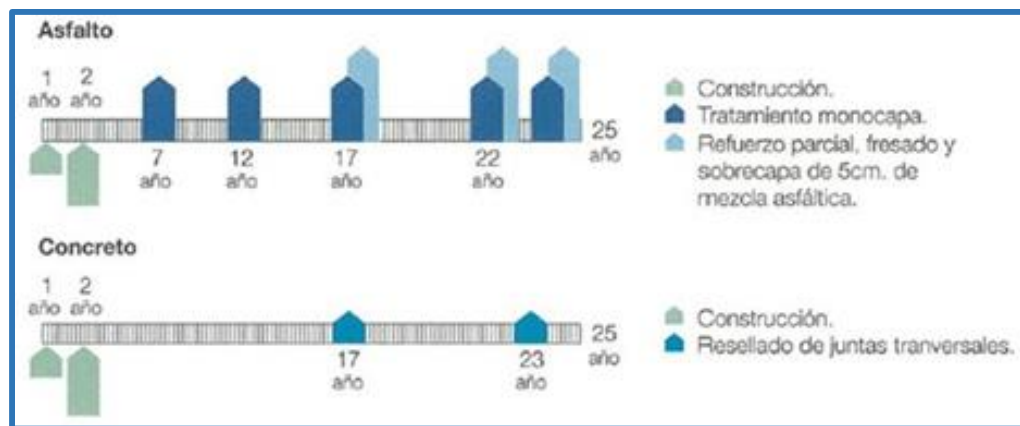


Figura 6: Esquema del ciclo de vida del pavimento de concreto vs asfalto.

Fuente: <http://www.duravia.com.pe/ciclo-de-vida/>

### 2.3. ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS (EMS):

Las carreteras se construyen fundamentalmente de tierra y sobre tierra. Desde hace ya bastante tiempo, la técnica moderna ha reconocido la influencia que sobre una estructura de esta naturaleza tiene el terreno que le sirve de apoyo, entendiéndose por tal no sólo al suelo o roca que exista en el lugar, pasivamente considerado, sino a todo un conjunto de condiciones que comprenden desde la constitución mineralógica, la estructuración del suelo, la cantidad y estado del agua contenida y su modo de fluir, hasta toda una agrupación de factores ajenos al concepto tradicional de suelo, pero que definen en el tiempo su comportamiento, tales como los factores climáticos, los económicos, etc.

Sin embargo, ha sido hasta épocas mucho más recientes cuando los ingenieros han comprendido que el uso de los materiales, que se ofrecen en general en amplia variedad en la naturaleza, dentro del cuerpo de la estructura, no es indiferente o arbitrario, sino selectivo y que aun utilizando



los mismos materiales para producir una sección dada, pueden obtenerse secciones estructuralmente muy distintas según el uso que se haga de los materiales dentro de la sección, tanto en lo que se refiere a su posición en ella, como a las condiciones en que se coloquen y a los tratamientos que se les dé.

La construcción de carreteras implica entonces el uso de los suelos, pero un uso selectivo y juicioso.

### **2.3.1. TRABAJO DE CAMPO**

Cuando se planifican los trabajos definitivos de exploración de suelos para el diseño de pavimentos flexibles, los principales factores que se deben considerar son la topografía, el clima de la zona de estudio, facilidades de acceso, rasante de diseño, plazo de ejecución, recursos humanos, equipo y recursos económicos disponibles, respetando los requerimientos exigidos por el M.T.C.

#### **2.3.1.1. CALICATAS**

Las calicatas o pozos y trincheras realizadas según la norma técnica ASTM D 4520 son aplicables a todos los estudios de E.M.S., permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que normalmente entrega la información más confiable y completa. En suelos con grava, la calicata es el único medio de exploración que puede entregar información confiable, y es muy efectivo para exploración y muestreo de suelos de fundación y materiales de



---

construcción a un costo relativamente bajo.

Es necesario registrar la ubicación y elevación de cada pozo, los que son numerados según la ubicación. Si un pozo programado no se ejecuta, es preferible mantener el número del pozo en el registro como 'no realizado' en vez de volver a usar el número en otro lugar, para eliminar confusiones.

El material excavado deberá depositarse en la superficie en forma ordenada, separado de acuerdo a la profundidad y horizonte correspondiente. Debe desecharse todo el material contaminado con suelos de estratos diferentes.

El espaciamiento de las perforaciones y su profundidad varían de acuerdo a la topografía de la zona y la ubicación de sub-rasante de diseño. Algunas recomendaciones para definir la investigación de campo son:

- Si el perfil del suelo es uniforme en zonas llanas, la separación de las perforaciones puede variar de 100.00 a 500.00 mts en el *sentido longitudinal*
- Si el perfil del suelo varía en zonas de montaña, la separación de las perforaciones puede variar 50.00 a 100.00, esto es a consecuencia de que el tiempo dio origen a los plegamientos de la corteza terrestre donde los diferentes estratos aparecen con orientación y espesores variables.
- La profundidad mínima de investigación será de 1.50m
- Se debe de detectar la presencia del nivel freático.



- En zonas donde hay congelamiento, las perforaciones se profundizarán para ver si los materiales son afectados a estos fenómenos, una profundidad mínima de 1.50mts debajo del nivel de la sub-rasante.
- En zonas de relleno con espesores mayores de 0.60 a 1.00m, se analizará el posible asentamiento del relleno, tratándose de ubicar estratos de mayor consistencia, aumentando la profundidad de investigación.
- En general, la distribución longitudinal de las excavaciones tendrá que cumplir con los requerimientos del M.T.C.

Generalmente las calicatas están espaciadas entre 250m y 2000m, pero pueden estar más próximas dependiendo de puntos singulares, como en los casos de:

- Cambio en la topografía de la zona de estudio
- Por la naturaleza de los suelos o cuando los suelos se presentan en forma errática o irregular.
- Delimitar las zonas en que se detecten suelos que se consideren pobres o inadecuados.
- Zonas que soportarán terraplenes o rellenos de altura mayor a 5.0m
- Zonas donde la rasante se ubica muy próxima al terreno natural ( $h < 0.6m$ );
- En zonas de corte, se ubicarán los puntos de cambio de corte a terraplén o de terraplén a corte, para conocer el material a nivel de sub rasante.

En cuanto a las exploraciones geotécnicas en proyectos viales comúnmente se usan a cielo abierto identificados con C-1 ó P-1, C-2 ó P-2 con una profundidad de investigación de 1.50mts como mínimo para suelos





normales con un ancho normal de 1.00mts.

### 2.3.1.2. TRINCHERAS

Material superficial que se ubica en el talud natural o de corte. Se representan con la simbología de T-1, T-2, se deberá de indicar la ubicación de la trinchera como: Kilómetro, talud superior o inferior, altura del talud, etc.

### 2.3.1.3. MUESTREO

Un suelo es un agregado natural de granos de mineral con o sin componentes orgánicos conformados por partículas sólidas, líquidas y gases. Por otro lado, los suelos provienen de alteraciones de las rocas por acción de fenómenos atmosféricos y meteorización o descomposición de las rocas que pueden ser químicas o físicas y los causantes de la meteorización en el agua, glaciares, vientos y temperatura.

Es así que en una perforación se pueden encontrar diferentes estratos, acumulados por diferentes épocas por acción del intemperismo, desintegración, etc. Que pueden agruparse en desiguales y en suelos transportados, depósitos aluviales, lacustres, depósitos glaciales, gravedad o talud.

Para realizar un muestreo de los estratos que se encuentran en la excavación se debe tener en cuenta la presencia de los tipos de suelos como son: Suelos fricciantes, cohesivos y mixtos.

**Suelos Friccionantes.-** Son los que provienen de las erosiones físicas de



las rocas, estos suelos al estado limpio y puro no poseen cohesión, solo trabazón o fricción, a estos suelos se les denomina rocas sueltas, boleos, cantos rodados, gravas, arenas, en bajísimos porcentajes menores del 12% que pasa la malla N°200 que son limos y arcillas, y por lo general poseen una baja a nula plasticidad, su propiedad principal es la fricción.

La tabla 1 muestra los tamaños de las partículas según las Normas ASTM

Tabla 1: Tamaño de los agregados según ASTM.

NOMBRE	TAMAÑO
Boleo	12 pulg. (30.5cmt) o más
Canto rodado	3 pulg. (7.6 cm) a 12 pulg. (30.5 cm)
Grava gruesa	3/4 pulg. (1.9 cm) a 3 pulg. (7.6 cm)
Grava fina	T No 4(4.76 cm) a 3/4 pulg. (1.9 cm)
Arena Gruesa	T No 10(2.00 cm) a T No 4(4.7 cm)
Arena Media	T No 40(0.42 cm) a T No 10(2.0 cm)
Arena Fina	T No 200(0.075 mm) a T No 40(0.42 mm)

Fuente: LUERA, F. y NUÑEZ, J. (2013).

En estos suelos, su característica principal es la compacidad o densificación o densidad relativa que el acomodo de las partículas in-situ.

En suelos granulares como son las arenas y las gravas con un porcentaje de finos menor del 15%, el grado de densificación se puede medir utilizando la compacidad relativa o densidad relativa ( $D_r$ ) que se mide en porcentaje; determinándose con las siguientes expresiones:

$$D_r(\%) = \frac{\gamma_d \text{ máx}}{\gamma_d \text{ nat}} \left[ \frac{\lambda_{d \text{ nat}} - \gamma_d \text{ mín}}{\lambda_{d \text{ máx}} - \gamma_d \text{ mín}} \right] * 100$$

$$D_r(\%) = \frac{e_{\text{máx}} - e_{\text{nat}}}{e_{\text{máx}} - e_{\text{mín}}} * 100$$



Dónde:

$D_r$  = Densidad relativa o compacidad relativa en porcentaje.

$\gamma_{dnat}$  = Densidad seca natural del suelo en  $gr/cm^3$ .

$\gamma_{dmáx}$  = Densidad seca máxima del suelo en  $gr/cm^3$ .

$\gamma_{d\ mín}$  = Densidad seca mínima del suelo en  $gr/cm^3$ .

$e_{nat}$  = Relación de vacíos natural del suelo.

$e_{máx}$  = Relación de vacíos máxima.

$e_{mín}$  = Relación de vacíos mínimo.

La compacidad relativa de los suelos granulares tienen los siguientes valores con su descripción Tabla 2.

Tabla 2: Compacidad Relativa.

Densidad Relativa (%)	DESCRIPCIÓN
0-20	Muy suelta
20-40	Suelta
40-60	Media
60-80	Densa
80-100	Muy densa

Fuente: LUERA, F. y NUÑEZ, J. (2013).

Se puede determinar el ángulo de fricción interna de estos suelos aplicando las expresiones siguientes:

$\phi^\circ = 30^\circ + 0.15 D_r$  cuando el % de finos es:  $\%F < 5\%$

$\phi^\circ = 25^\circ + 0.15 D_r$  cuando el % de finos es:  $5 \leq \%F \leq 15\%$

### Suelos cohesivos:

Una característica que hace muy distintos a diferentes tipos de suelos es

la cohesión. Debido a ella los suelos se clasifican en 'cohesivos' y 'no cohesivos'. Los suelos cohesivos son los que poseen cohesión, es decir, la propiedad de atracción intermolecular, como las arcillas; poseen además características de plasticidad.

En las tablas 3 y 4 se aprecian las características de los suelos cohesivos en función a la plasticidad y resistencia.

Tabla 3: Compacidad de los suelos cohesivos.

LIMITE LIQUIDO	DESCRIPCION
0-30	No plástico
30-50	De mediana plasticidad
≥ 50	De alta plasticidad

Fuente: LUERA, F. y NUÑEZ, J. (2013).

Tabla 4: Resistencia de los suelos cohesivos.

N° DE GOLPES DEL SPT	CONSISTENCIA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (kg/cm <sup>2</sup> )
<2	Muy blanda	<0.25
2 - 4	Blanda	0.25 - 0.50
4 - 8	media	0.50 - 1.00
8 - 15	Firme	1.00 - 2.00
15 - 30	Muy Firme	2.00 - 4.00
>30	Dura	>4

Fuente: LUERA, F. y NUÑEZ, J. (2013).

Generalmente estos suelos sirven para dar estabilidad a un suelo granular sin cohesión con porcentajes limitados.

**Suelos Mixtos o intermedios.** - Son suelos que tienen propiedades de fricción y cohesión las que corresponden a los SC, SM, GC, GM, arcilla y



en base a estas características de los tipos de suelos, se debe de determinar en un muestreo in situ las siguientes características: Tamaño máximo de las partículas, color, humedad, compacidad, consistencia, presencia del nivel freático, tipo de suelo (lo más cercano posible a lo real), plasticidad, grado de saturación, potencia de los estratos, cota superior e inferior de las excavaciones, kilómetro, etc.

### **2.3.2. ENSAYOS DE LABORATORIO**

Es importante y oportuno señalar la importancia que tiene el estudio, evaluación y entendimiento de las características físicas y el comportamiento mecánico de los suelos y materiales en proyecto de pavimentación.

Los ensayos de laboratorio permiten medir, evaluar y entender el comportamiento mencionado.

Las muestras tomadas mediante la realización de calicatas o de sondeos mecánicos, bien sean alteradas o inalteradas, deberán enviarse a un laboratorio especializado para su análisis.

En gravas y arenas solo será posible la toma de muestras alteradas. En este caso, únicamente se podrán realizar en laboratorio.

Los ensayos de laboratorio que se realizarán son:

- a) Contenido de Humedad
- b) Peso específico
- c) Análisis granulométrico



d) Límites de consistencia

- Límite líquido
- Límite plástico

### 2.3.2.1. CONTENIDO DE HUMEDAD

El ensayo para determinar el contenido de humedad permite obtener el valor de la cantidad de agua presente en una cantidad dada de suelo en términos de su peso seco.

Una masa de suelo tiene tres constituyentes: las partículas sólidas, el aire y el agua. En los suelos que consisten en partículas finas, la cantidad de agua presente en los poros tiene un marcado efecto en las propiedades de los mismos.

Si el contenido natural de agua de un suelo está próximo al límite líquido, es casi seguro que se está tratando con un suelo muy sensitivo y si, por el contrario, el contenido de agua es cercano al límite plástico, puede anticiparse que el suelo presentará un buen comportamiento.

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso muestra húmeda} - \text{Peso muestra seca}}{\text{Peso muestra seca}} \times 100$$

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Peso del agua contenida en la muestra}}{\text{Peso de la muestra seca}} \times 100$$

Es decir:

$$W(\%) = \frac{W_h - W_s}{W_s} \times 100 = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$



Basándose en la definición de “contenido de humedad”, el peso seco  $W_s$  de un suelo será:

$$W_s = \frac{Wh}{100 + w} \times 100, \text{ si } w \text{ está dado en porcentaje.}$$

### 2.3.2.2. PESO ESPECÍFICO

Es la relación entre su peso al aire y el peso al aire de una muestra de agua destilada del mismo volumen y a la misma temperatura.

- Para partículas mayores a 4.75 mm. (Tamiz N° 4), se usa el método estándar AASHTO T-85 (Grava y Arena Gruesa).

$$Pe = \frac{P_{mw}}{P_m - P_{mw}} (\text{gr} / \text{cm}^3)$$

Donde:

$Pe$  = Peso específico del suelo.

$P_{mw}$  = Peso de la muestra en el agua.

$P_m$  = Peso de la muestra en el aire.

- Para partículas menores a 4.75 mm. (Tamiz N° 4), se usa el método estándar AASHTO T-100-70 (Limo y Arcilla), se determina mediante la siguiente fórmula

$$Pe = \frac{P_s}{P_s + P_{fa} - P_{fas}} * \gamma_T = \frac{P_s}{V_s}$$

Donde:

$Pe$  = Peso específico del suelo.

$\gamma_T$  = Peso específico del agua.



Ps = Peso de la muestra seca.

Pfas= Peso de la fiola, calibrada con agua y suelo.

Pfa = Peso de la fiola con agua.

### 2.3.2.3. ANALISIS GRANULOMÉTRICO

La Granulometría representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas (Ensayo MTC E 107). A partir de la cual se puede estimar, con mayor o menor aproximación, las demás propiedades que pudieran interesar.

El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño.

De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos:

Tabla 5: Clasificación de suelos según Tamaño de partículas.

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm - 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm - 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm - 0.425 mm
		Arena fina: 0.425 mm - 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: MTC- Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos. 2014.





Una propiedad clave de los agregados que se usan en las bases y superficies de las carreteras es la distribución de los tamaños de partículas al mezclarlos. La graduación de los agregados, esto es, la combinación de tamaños de partículas en la mezcla, afecta la densidad, la resistencia, y la economía de la estructura del pavimento.

Se usa un análisis granulométrico para determinar las propiedades relativas de los diferentes tamaños de partículas en una mezcla de agregados minerales. Para llevarlo a cabo, se pasa una muestra pesada de agregado seco a través de un juego de mallas o tamices cuyo tamaño de abertura ha sido seleccionado previamente. Los tamices se agrupan colocando hasta arriba los que tienen la abertura mayor y debajo aquellos con aberturas sucesivamente más pequeñas. La muestra del agregado se agita con un vibrador mecánico de mallas y se determina el peso del material retenido en cada tamiz, el cual se expresa como un porcentaje de la muestra original. En el método T27 de la AASHTO se dan los procedimientos detallados para ejecutar un análisis granulométrico de agregados gruesos y finos.

Las mallas de prueba que se usan comúnmente para los proyectos de carreteras son aquellas con aberturas de  $2 \frac{1}{2}$ , 2,  $1 \frac{1}{2}$ , 1,  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{8}$  de pulgada cuadrada para las fracciones grandes y con 4, 10, 40, 80, 100, y 200 mallas por pulgada para las fracciones más pequeñas. Estas últimas mallas se designan como N°4, N°10, etc.

A la porción de material agregado que queda retenida en la malla N°10 (esto es, con partículas mayores de 2,00mm) se le conoce como agregado grueso. Al material que pasa por la malla N°10 pero queda



retenido en la malla N°200 (partículas mayores que 0,075 mm) se le conoce como agregado fino. El material que pasa por la malla N° 200 se llama fino.

#### 2.3.2.4. LÍMITES DE CONSISTENCIA

Por consistencia se entiende el grado de cohesión de las partículas de un suelo y su resistencia a aquellas fuerzas exteriores que tienden a deformar o destruir su estructura.

Los límites de Atterberg establecen cuan sensible es el comportamiento de un suelo en relación con su contenido de humedad (agua), definiéndose los límites correspondientes a los tres estados de consistencia según su humedad y de acuerdo a ello puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido. Estos límites de Atterberg que miden la cohesión del suelo son:

**LIMITE LÍQUIDO** (LL, según ensayo MTC EM 110), cuando el suelo pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse. Este se determina utilizando la copa de Casagrande y se define como el contenido de humedad en el que se cierra una ranura de 12.7 mm mediante 25 golpes.

**LIMITE PLÁSTICO** (LP, según ensayo MTC EM 111), cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.

Se define límite plástico como el contenido de humedad en el que el suelo se agrieta al formar un rollito de 3.18 mm de diámetro.



**LÍMITE DE CONTRACCIÓN** (LC, según ensayo MTC EM 112), cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y deja de contraerse al perder humedad.

Además del LL y del LP, una característica a obtener es el Índice de plasticidad IP (ensayo MTC EM 111) que se define como la diferencia entre LL y LP:

$$IP = LL - LP$$

**El índice de plasticidad** indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso.

Se debe tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla, de acuerdo a su magnitud puede ser un elemento riesgoso en un suelo de subrasante y en una estructura de pavimento, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua.

### 2.3.3. ENSAYOS DE CONTROL O INSPECCIÓN

#### **COMPACTACIÓN**

Es el proceso mecánico, por medio del cual se reduce el volumen de los materiales, en un tiempo relativamente corto, con el fin de que sean resistentes a las cargas y tengan una relación esfuerzo-deformación conveniente durante la vida útil de la obra.

Es conveniente hacer notar que hay materiales que con un cierto grado de compactación se tornan muy expansivos en presencia de agua; este



tipo de materiales no es conveniente utilizarlos en las obras viales en forma natural, pues si se compactan, aumentan su volumen y si se dejan con un grado bajo de compactación se deforman de modo apreciable en la operación. En caso de que por economía sea necesario utilizar alguno de estos materiales, deberá ser estabilizado con cal o cemento, lo cual, influirá en los costos.

### VERIFICACIÓN DE LA COMPACTACIÓN

La compactación alcanzada se mide por medio del grado de compactación ( $G_c$ ), que se define como una relación en porcentaje del peso volumétrico seco que se tiene en la obra, para lo cual se hace un sondeo a cielo abierto con una profundidad igual al espesor de la capa de estudio y con un ancho o diámetro igual a 3 o 4 veces del tamaño máximo del agregado (15 cm. máximo).

El material que se extrae del sondeo se coloca en una charola para conocer el peso húmedo y se toma una pequeña muestra para conocer su humedad, con lo cual podemos calcular el peso seco del material:

$$\text{Peso seco} = \frac{100 \text{ Peso húmedo}}{100 + \text{humedad (\%)}} = P_s$$

En la fórmula anterior, la humedad entra en porcentaje. El volumen del sondeo ( $V$ ) se encuentra vaciando en el área con granulometría uniforme



(entre tamaños 0.850mm a 0.600mm), lo cual se puede llevar a cabo por medio de una probeta, por medio de embudo y trompa o por medio de frasco y cono. Hay otros métodos como lo que utilizan agua o aceite para medir el volumen, pero como requieren de una membrana plástica para evitar que el fluido se infiltre en el suelo, en general se puede decir que son más imprecisos que los que no la utilizan, ya que a medida que la membrana es menos flexible, menos se pliega a las irregularidades del sondeo.

El peso volumétrico se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Peso volumétrico seco} = PVS = \frac{P_s}{V}$$

#### Pruebas de compactación de laboratorio

Los procesos de compactación de campo son en general demasiado lentos y costosos como para reproducirlos a voluntad, cada vez que se desee estudiar cualquiera de sus detalles; no proporcionan un modo práctico de disponer de una herramienta de análisis, estudio e investigación, tal como lo requiere el problema de compactación de suelos, con sus muchas complicaciones y complejidades. Así, la tendencia para desarrollar pruebas de laboratorio que reproduzcan fácil y económicamente aquellos procesos debió de ser obvia para cualquiera que se interese en racionalizar las técnicas de campo y en conocer más un proceso tan difícil e importante.



Tipos:

Compactación estática

Compactación dinámica

Para encontrar el grado de compactación se requiere el patrón de laboratorio con el que se debe comparar el peso volumétrico seco en el campo (máxima densidad seca)

Para calcular la máxima densidad seca utilizamos la siguiente fórmula:

$$D_s = \frac{(P_{ms} - P_m) \times 100}{V (100 + W)}, \text{ donde:}$$

$D_s$  = Máxima densidad seca

$P_{ms}$  = Peso del molde más muestra compactada

$P_m$  = Peso del molde

$V$  = Volumen de la muestra

$W$  = Contenido de humedad en porcentaje

Las pruebas de compactación de laboratorio son principalmente de dos tipos: Estáticas y dinámicas.

Pruebas de compactación estáticas. - Son aquellas en que se compacta el espécimen con una presión que se proporciona al material por medio de una placa que cubre la superficie libre del molde y cuyo principal exponente es la prueba de Porter Estándar. Esta prueba se realiza con las siguientes características:

Diámetro del molde : 15 cm.



Presión estática : 140.6 kg/cm<sup>2</sup>

Cantidad de material : 4 Kg.

Si al terminar de dar la presión, la base metálica se humedece ligeramente, se dice que el peso volumétrico seco obtenido es el máximo y la humedad correspondiente es la óptima.

Si no se humedece la base se repetirá la prueba con mayor humedad; pero si la expulsión es grande, la cantidad de agua que se use será menor.

Pruebas de tipo dinámico: Son aquellas en las que el espécimen se elabora compactando el material por medio de pisones, que tienen un área de contacto menor a la sección libre del molde que se usa, el ejemplo típico de las pruebas de este tipo es la Próctor Estándar, que se realiza con las siguientes características:

Diámetro del molde 10.2 cm.

Peso del pisón 2.5 kg. (5lb.)

Altura de caída 30.5 cm.

Número de capas 3.0

Número de golpes 25.0

La AASHTO especifica otras pruebas de tipo dinámico denominadas: Modificada tres capas y modificada cinco capas, para las cuales se usan moldes de 15.3 cm. de diámetro y pisones de 4.54 kg. con altura de caída de 45.7 cm. y con 56 golpes cada capa.



## ENSAYO DE RESISTENCIA

### CBR

Es la relación del esfuerzo necesario para penetrar un material dado respecto al esfuerzo que se necesita para penetrar un material de referencia (roca triturada para base de pavimento) cuya resistencia a la penetración en condiciones normalizadas es conocida (Normas ASTM D1883 y D4429)

El ensayo CBR permite determinar de modo rápido la capacidad de soporte de los suelos para emplearlos en plataformas, bases y sub bases de afirmado. Se basa en medir la fuerza necesaria para hacer penetrar un pistón cilíndrico en la muestra, representando la relación, en porcentaje, entre el esfuerzo requerido para penetrar un pistón a cierta profundidad dentro del suelo ensayado y el esfuerzo requerido para penetrar un pistón igual, a la misma profundidad, dentro de una muestra patrón de piedra triturada.

$$CBR = \frac{\text{esfuerzo en el suelo ensayado (penetración } X)}{\text{esfuerzo en la muestra patrón (penetración } X)} * 100$$





Figura 7: Equipo para el ensayo CBR

*Fuente: HOYOS, F. (2012).*

El índice CBR (California Bearing Ratio), es llamado así porque se empleó por primera vez en el estado de California. Este índice está calibrado empíricamente, es decir, se basa en determinaciones previamente realizadas en distintos tipos de suelos y que han sido convenientemente tabuladas y analizadas.

La determinación de este parámetro se realiza mediante el correspondiente ensayo normalizado (NLT-111), y que consiste en un procedimiento conjunto de hinchamiento y penetración.

El hinchamiento se determina sometiendo la muestra a un proceso de inmersión durante 4 días, aplicando una sobrecarga equivalente a la previsible en condiciones de uso de la carretera. Se efectuarán dos lecturas-una al inicio y otra al final del proceso-empleando un trípode debidamente calibrado. El hinchamiento adquiere una especial

importancia en suelos arcillosos o con alto contenido en finos, ya que puede provocar asentos diferenciales, origen de diversas patologías en todo tipo de construcciones.

Generalmente se toman diversos pares de valores presión-penetración, construyéndose una gráfica como la de la siguiente figura; en ella, se toman los valores correspondientes a una profundidad de 2.54 y 5.08 mm (01 y 0.2 pulgadas), comparándose con los de la muestra patrón para dichas profundidades. El índice CBR del suelo será mayor de los dos obtenidos.

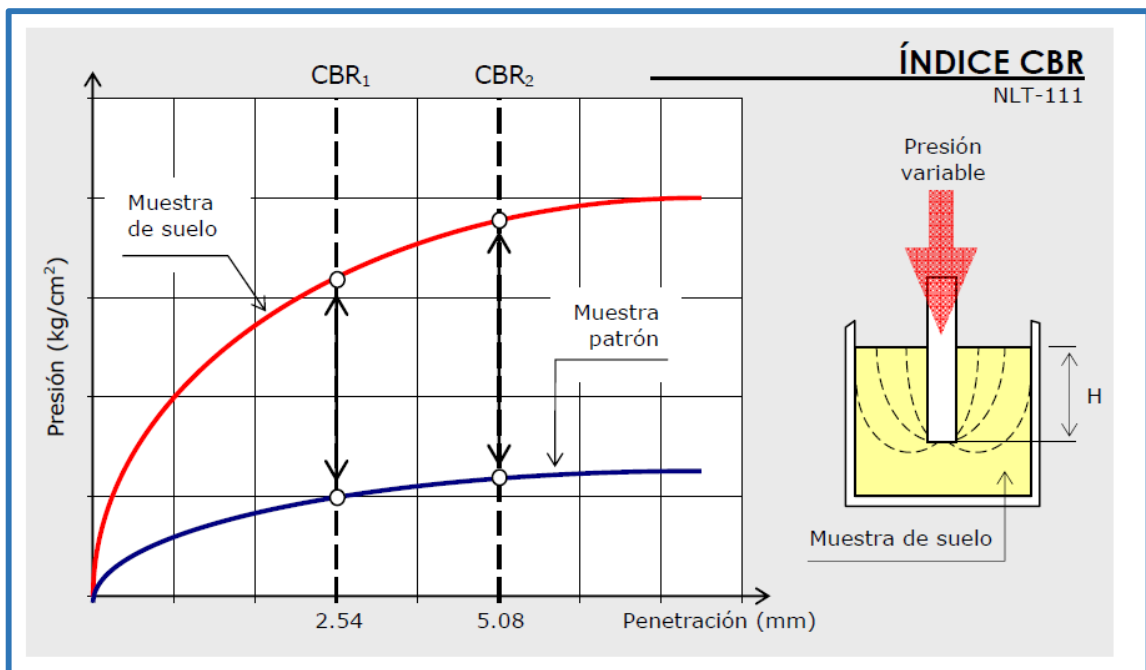


Figura 8: Determinación del índice de CBR.

Fuente: BAÑÓN, L. Y BEVIÁ, J. (2000).



## **ENSAYO DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES (PARA MUESTRAS DE CANTERA)**

Este ensayo trata de medir la pérdida de masa que sufre un árido al someterlo a un proceso continuado de desgaste. Se fundamenta en someter una determinada cantidad de muestra (previamente lavada y convenientemente separada en siete granulometrías distintas) a la acción de la máquina de Los Ángeles, compuesta por un cilindro hueco de acero (tambor) atravesado longitudinalmente por un eje en su parte central que posibilita su giro.

Los materiales que se usan en los pavimentos de carreteras deberán ser duros y resistir el desgaste debido al efecto de pulido del tránsito y a los efectos abrasivos internos de las cargas repetidas. La estimación más comúnmente aceptada de la dureza de los agregados es la prueba de abrasión de Los Ángeles. La máquina que se usa en la prueba de Los Ángeles consta de un cilindro hueco, cerrado en ambos extremos y montado en ejes en posición horizontal.

Para ejecutar la prueba de abrasión de Los Ángeles, se coloca dentro del cilindro una muestra limpia del agregado que se ha de probar junto con un peso estándar de esferas de acero como carga abrasiva. El tambor se hace girar 500 veces a una velocidad de 30 a 33 rpm, después de lo cual se retira la muestra de agregado y se agita en una malla del N°12 (1,70 mm). El material retenido en el tamiz se lava, se seca hasta alcanzar una masa constante y se pesa. Se reporta como porcentaje de desgaste la diferencia entre la masa original y la masa fina

de la muestra expresada como un porcentaje de la masa original. El método T96 de AASHTO da un procedimiento detallado para esta prueba.

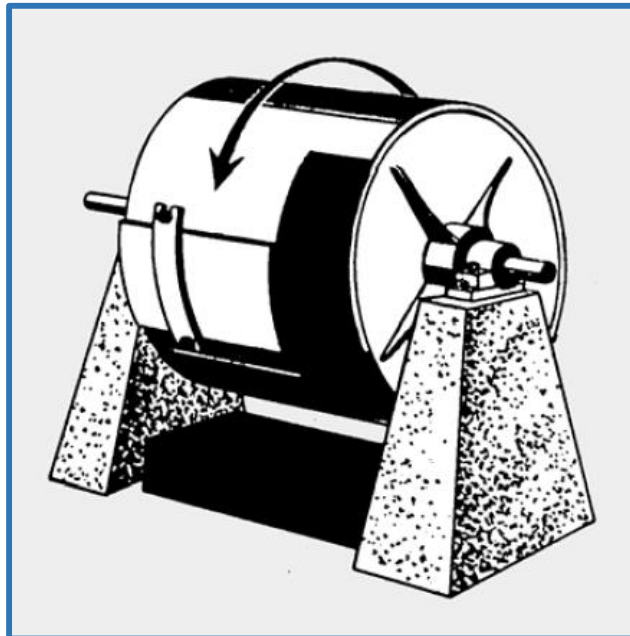


Figura 9: Máquina de los Ángeles.

*Fuente: BAÑÓN, L. Y BEVIÁ, J. (2000).*

El coeficiente de desgaste de Los Ángeles vendrá dado por la relación entre la masa perdida-diferencia entre inicial y final-y el peso inicial de la muestra del árido, expresada en tanto por cien:

$$L.A. = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \cdot 100$$

Un índice superior a 50 indica la mala calidad y escasa resistencia al desgaste de un árido, lo que se hace inservible para su uso en carreteras. En cambio, un valor inferior a 20 da idea de la excelente calidad y bajo desgaste del árido, pudiendo emplearse en firmes, especialmente en la capa de rodadura.



## MÓDULO DE RESILIENCIA

El módulo de Resiliencia ( $M_R$ ) es una medida de la rigidez del suelo de sub rasante, el cual, para su cálculo, deberá determinarse mediante el ensayo de resiliencia determinado de acuerdo a las recomendaciones del AASHTO.

La obtención del Módulo de Resiliencia se obtiene con base en pruebas de laboratorio, realizadas en materiales a utilizar la en la capa subrasante (Ensayo AASHTO T 274), con muestras representativas (esfuerzo y humedad) que simulen las estaciones del año respectivas.

El módulo de Resiliencia “estacional” será obtenido alternadamente por correlaciones con propiedades del suelo, tales como el contenido de arcilla, humedad, índice plástico, entre otros. Finalmente, deberá obtenerse un “Módulo de Resiliencia Efectivo”, que es equivalente al efecto combinado de todos los valores de módulos estacionales.

Para la obtención del módulo estacional, o variaciones del “MR” a lo largo de todas las estaciones del año se ofrecen dos procedimientos: El primero es obteniendo de la relación en el laboratorio entre el Módulo de Resiliencia y el contenido de humedad de diferentes muestras en diferentes estaciones del año y, segundo, utilizando algún equipo para medición de deflexiones sobre carreteras en servicio durante diferentes estaciones del año.

Sin embargo, para el diseño de pavimentos flexibles, únicamente se recomienda convertir los datos estacionales en Módulo de Resiliencia efectivo de la capa subrasante, con el auxilio de la figura 11 que proporciona un valor en función del “daño equivalente anual” obtenido



para cada estación en particular. Aunque también puede emplearse la siguiente ecuación:

$$Uf = 1.18 \times 10^8 * M_R^{-2.32}$$

Donde:

$Uf$  = Daño relativo en cada estación (por mes o quincenal).

$M_R$  = Módulo de Resiliencia de la capa subrasante, obtenido en laboratorio o con deflexiones cada quincena o mes.

El módulo de Resiliencia "MR" efectivo, será el que corresponda al "Uf" promedio.

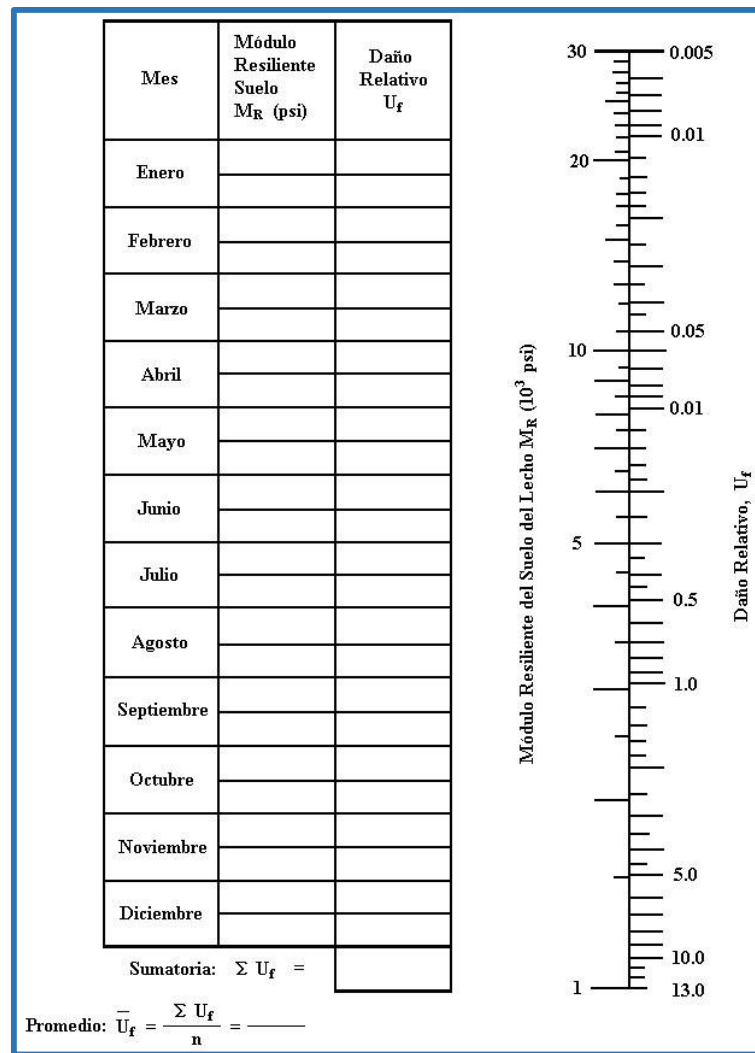


Figura 10: Formato para calcular el módulo de resiliencia efectivo de la subrasante en pavimentos flexibles.

Fuente: AASHTO, *Guide for Design of Pavement Structures 1993*

Actualmente, no todas las entidades cuentan con la capacidad para desarrollar un programa de muestreo y ensayo para determinar el Módulo de Resiliencia, por lo que se han desarrollado correlaciones con los ensayos de CBR o VRS, entre otros. La siguiente ecuación presenta la correlación formulada por Heukelom y Klomp entre el Módulo de Resiliencia y el valor de CBR o Valor Relativo de Soporte “VRS”

Normalmente, los valores del Módulo de Resiliencia de la Subrasante



deben estar basados en las propiedades del suelo compactado. Sin embargo, en ciertos casos se hace necesario considerar condiciones de cimentación no compactada, especialmente cuando los materiales en el sitio son débiles

$$M_R(\text{psi}) = 1.500 \times CBR$$

El diseño mediante este módulo está basado en el valor Promedio del Módulo de Resiliencia. Si bien el criterio de confiabilidad considera la variación de muchos factores, este se implementa a través del ajuste del tránsito. No se debe elegir el valor de “MR” basado en algún criterio mínimo pues se introducirá un carácter conservador adicional al factor de la confiabilidad en el diseño.

#### **2.3.4. REQUISITOS DE LOS MATERIALES**

Todos los materiales deberán cumplir los requerimientos que se dan a continuación:

##### **2.3.4.1. De la Subbase**

Estos materiales deberán cumplir los requisitos mínimos establecidos en las siguientes tablas:





Tabla 6: Requerimientos Granulométricos para Subbase Granular.

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A (*)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9,5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4,75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2,0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
425 µm (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 µm (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 – 15	8 – 15

(\*)La curva de Gradación “A” deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 msnm.

Fuente: Tabla 402-01 del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción – (EG-2013) del MTC.

Tabla 7: Requerimientos de ensayos especiales para Subbase Granular.

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	50 % máx.	50 % máx.
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % mín.	40 % mín.
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx.	25% máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 90	6% máx.	4% máx.
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% mín.	35% mín.
Sales Solubles	MTC E 219	--	--	1% máx.	1% máx.
Partículas Chatas y Alargadas	--	D 4791	--	20% máx.	20% máx.

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1”(2.5 mm)

(2) La relación a emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud)

Fuente: Tabla 402-02 del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción – (EG-2013) del MTC.

### 2.3.4.2. De la Base

Estos materiales deberán cumplir los requisitos de gradación establecidos en las siguientes tablas:

Tabla 8: Requerimientos Granulométricos para Base Granular.

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A (*)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9,5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4,75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2,0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
425 µm (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 µm (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 -15	8 – 15

(\*) Se recomienda utilizar la curva de gradación "A" para prevenir el daño por acción de las heladas.

Fuente: Tabla 403-01 del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción – (EG-2013) del MTC.

El material de Base Granular deberá cumplir además con las siguientes características físico-mecánicas y químicas que se indican en la Tabla 9.

Tabla 9: Valor relativo de soporte, CBR.

Valor Relativo de Soporte, CBR (1)	Tráfico en ejes equivalentes ( $<10^6$ )	Mín. 80%
	Tráfico en ejes equivalentes ( $\geq 10^6$ )	Mín. 100%

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1"

(2.5 mm)

Fuente: Tabla 403-02 del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción – (EG-2013) del MTC.



Tabla 10: Requerimientos del Agregado Grueso de Base Granular.

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos Altitud	
				< 3.000 msnm	≥3.000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% mín.	80% mín.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% mín.	50% mín.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas (1)		D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C 88	T 104		18% máx.

Fuente: Tabla 403-03 del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción – (EG-2013) del MTC.

Tabla 11: Requerimientos del Agregado Fino de Base Granular.

Ensayo	Norma	Requerimientos Altitud	
		<3.000 msnm	≥3.000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4% máx.	2% mín.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín.	45% mín.
Sales solubles	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	-----	15%

Fuente: Tabla 403-04 del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción – (EG-2013) del MTC.



### 2.3.4.3. De los pavimentos asfálticos

#### Agregados pétreos y filler o relleno mineral

Los agregados pétreos empleados para la ejecución de cualquier tratamiento o mezcla bituminosa deberán poseer una naturaleza tal, que al aplicarse una capa del material asfáltico, ésta no se desprenda por la acción del agua y del tránsito. Sólo se admitirá el empleo de agregados con características hidrófilas, si se añade algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una adecuada adherencia.

Se denominará agregado grueso a la porción de agregado retenido en el tamiz de 4,75 mm (N.º 4); agregado fino a la porción comprendida entre los tamices de 4,75 mm y 75 µm (N.º 4 y N.º 200) y polvo mineral o llenante la que pase el tamiz de 75 µm (N.º 200).

El agregado grueso deberá proceder de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan impedir la adhesión con el asfalto.

El agregado fino estará constituido por arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural. La proporción admisible de esta última será establecida en el diseño aprobado correspondiente.

Los granos del agregado fino deberán ser duros, limpios y de superficie rugosa y angular. El material deberá estar libre de cualquier



sustancia, que impida la adhesión con el asfalto y deberá satisfacer los requisitos de calidad indicados en cada especificación.

El polvo mineral o llenante provendrá de los procesos de trituración de los agregados pétreos o podrá ser de aporte de productos comerciales, generalmente cal hidratada o cemento portland. Podrá usarse una fracción del material proveniente de la clasificación, siempre que se verifique que no tenga actividad y que sea no plástico. Su peso unitario aparente, determinado por la norma de ensayo MTC E 205, deberá encontrarse entre 0,5 y 0,8 g/cm<sup>3</sup> y su coeficiente de emulsibilidad (NLT180) deberá ser inferior a 0,6.

La mezcla de los agregados grueso y fino y el polvo mineral deberá ajustarse a las exigencias de la respectiva especificación, en cuanto a su granulometría.

### **Cemento asfáltico**

El cemento asfáltico a emplear en los riegos de liga y en las mezclas asfálticas elaboradas en caliente será clasificado por viscosidad absoluta y por penetración. Su empleo será según las características climáticas de la región, la correspondiente carta viscosidad del cemento asfáltico y tal como lo indica la Tabla 12, según lo establecido en Proyecto y aprobado por el Supervisor.



Tabla 12: Selección del tipo de cemento asfáltico.

Temperatura Media Anual			
24°C o más	24°C - 15°C	15°C - 5°C	Menos de 5°C
40-50 ó 60-70 ó modificado	60-70	85-100 120-150	Asfalto Modificado

Fuente: Tabla 415-01 del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción – (EG-2013) del MTC.

### Agregados minerales gruesos

Los agregados gruesos, deben cumplir además con los requerimientos, establecidos en la Tabla 13:

Tabla 13: Requerimientos para los agregados gruesos de mezclas asfálticas en caliente.

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3.000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción *	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.

\* Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.



- La adherencia del agregado grueso para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla según lo señalado en la Subsección 430.02.
- La notación “85/50” indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas.

*Fuente: Tabla 423-01 del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción – (EG-2013) del MTC.*

### Agregados minerales finos

Adicionalmente deberá cumplir con los requerimientos de la Tabla 14.

Tabla 14: Requerimientos para los agregados finos de mezclas asfálticas en caliente

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		≤ 3.000	> 3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla N.º 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N.º 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción* *	MTC E 205	0,5% máx.	0,5% máx.

\*\*Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

- La adherencia del agregado fino para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla, Subsección 430.02.

*Fuente: Tabla 423-02 del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción – (EG-2013) del MTC.*



### Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC):

La gradación de la mezcla asfáltica en caliente (MAC) deberá responder a algunos de los husos granulométricos, especificados en la Tabla 14. Alternativamente pueden emplearse las gradaciones especificadas en la ASTM D 3515 e Instituto del Asfalto.

Además de los requisitos de calidad que debe tener el agregado grueso y fino, el material de la mezcla de los agregados debe estar libre de terrones de arcilla y se aceptará como máximo el 1% de partículas deleznable según ensayo MTC E 212. Tampoco deberá contener materia orgánica y otros materiales deletéreos.

Tabla 15: Gradaciones de los Agregados para Mezclas Asfálticas en Caliente.

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC -1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100	-	-
19,0 mm (3/4")	80-100	100	-
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	-
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.º 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.º 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.º 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.º 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.º 200)	4-8	4-8	5-10

Fuente: Tabla 423-03 del Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción – (EG-2013) del MTC.

### Filler o polvo mineral:

El filler es un material que se utiliza en las mezclas asfálticas, con la finalidad de complementar la granulometría de los agregados finos





cuyascaracterísticas no cumplen las especificaciones técnicas correspondientes.

El filler o relleno de origen mineral, que sea necesario emplear comorelleno de vacíos, espesante del asfalto o como mejorador de adherenciaal par agregado-asfalto, podrá ser de preferencia cal hidratada, quedebirá cumplir la norma AASHTO M-303.

## 2.4. OBRAS DE ARTE

El comportamiento de una carretera está íntimamente ligada al desempeño de las obras de arte y drenaje. Muchas carreteras han colapsado justamente en los lugares donde están ubicadas las obras de drenaje mal diseñadas, causando problemas de libre flujo vehicular y costos de reparación urgente.

Obras de Arte son trabajos que surgen en la construcción de caminos como una serie de obras complementarias necesarias para su estabilización. Estas obras apuntan a tener un control sobre la evacuación de las aguas de lluvias y canalización de los cursos de agua permanentes y temporales. De esta forma se logrará disminuir la erosión del terreno, la contaminación de cursos de agua y mejorar la estabilidad de los caminos.

Como resultado de la modificación del terreno es que se hace necesaria la construcción de estas obras de arte posterior al movimiento de tierras.

La construcción de obras de arte permite un eficaz control de erosión y conservación de las aguas.



## 2.4.1.DRENAJE SUPERFICIAL

El estudio de Hidráulica y Drenaje se recomienda iniciarse después de aprobado el proyecto el proyecto de Diseño Geométrico, y es de actividad obligatoria la inspección in-situ del drenaje natural.

El drenaje transversal de la carretera tiene como objetivo evacuar adecuadamente el agua superficial que intercepta su infraestructura, la cual discurre por cauces naturales o artificiales, en forma permanente o transitoria, a fin de garantizar su estabilidad y permanencia.

El elemento básico del drenaje transversal se denomina alcantarilla, considerada como una estructura menor, su densidad a lo largo de la carretera resulta importante e incide en los costos, por ello, se debe dar especial atención a su diseño.

Se debe determinar la sección hidráulica más adecuada que permita el paso libre del flujo líquido y flujo sólido que eventualmente transportan los cursos naturales y conducirlos adecuadamente, sin causar daño a la carretera y a la propiedad adyacente.

### 2.4.1.1. ALCANTARILLAS

Se define como alcantarilla a la estructura cuya luz sea menor a 6.0m y su función es evacuar el flujo superficial proveniente de cursos naturales o artificiales que interceptan la carretera.

La densidad de alcantarillas en un proyecto vial influye directamente en los costos de construcción y de mantenimiento, por ello, es muy



importante tener en cuenta la adecuada elección de su ubicación, alineamiento y pendiente, a fin de garantizar el paso libre del flujo que intercepta la carretera, sin que afecte su estabilidad.

La alineación y pendiente de las alcantarillas debe corresponder en la medida posible al del cauce natural, para así obtener una óptima ubicación de dicha estructura. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que el incremento y disminución de la pendiente influye en la variación de la velocidad de flujo, que a su vez incide en la capacidad de transporte de materiales en suspensión y arrastre de fondo.

### **Ubicación en planta**

La ubicación en planta ideal es la que sigue la dirección de la corriente, sin embargo, según requerimiento del Proyecto la ubicación natural puede desplazarse, lo cual implica el acondicionamiento del cauce, a la entrada y salida con la construcción de obras de encauzamiento u otras obras complementarias.

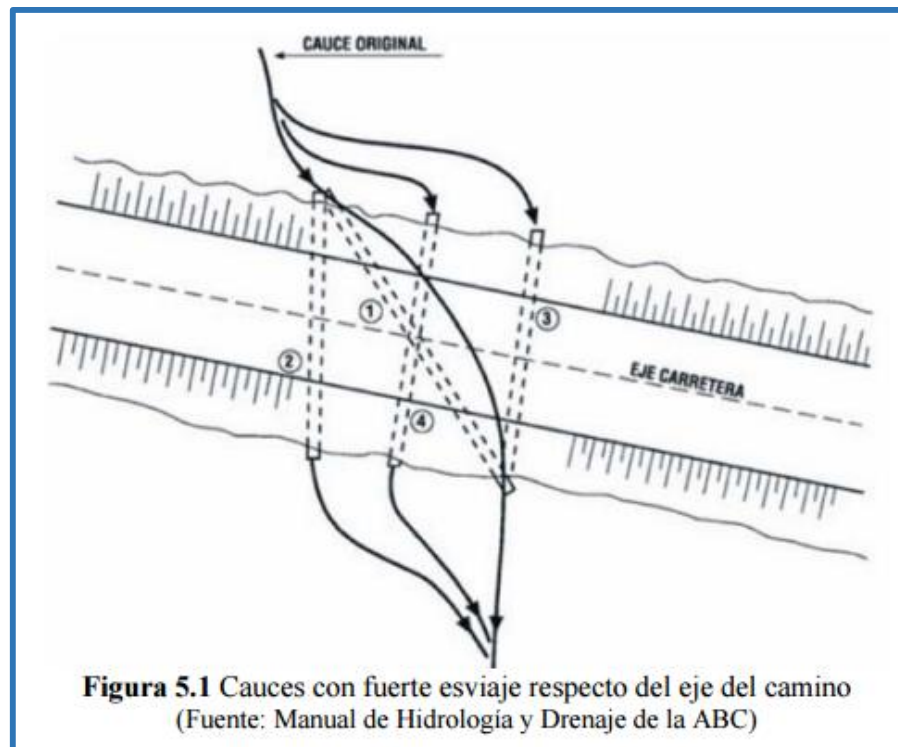


Figura 11: Cauces con fuerte esvía respecto del eje del camino.

Fuente: MONTAÑO, A. Y SALAZAR J. (2009).

**Caso 1:** Se observa la entrada y la salida del canal natural. Se puede obtener una mejor función siendo necesario desviar la corriente.

**Caso 2:** La entrada se la coloca en el canal natural y la salida se desplaza para tener una alcantarilla casi normal al eje de la carretera. Se alarga la línea de flujo a costa de reducir la pendiente.

**Caso 3:** Se ha desplazado la entrada de modo que la salida descargue directamente en el canal natural. Habrá costos adicionales por construcción y mantenimiento del canal, un posible mayor diámetro y protección del terraplén en la entrada.

**Caso 4:** Se ha desplazado tanto la entrada como la salida. Sólo conviene usarla cuando hay restricciones de espacio para otras soluciones.

## Pendiente longitudinal

La pendiente longitudinal de la alcantarilla debe ser tal que no altere desmesuradamente los procesos geomorfológicos, como la erosión y sedimentación, por ello, los cambios de pendiente deben ser estudiados en forma cuidadosa, para no incidir en dichos procesos que pueden provocar el colapso de la estructura.

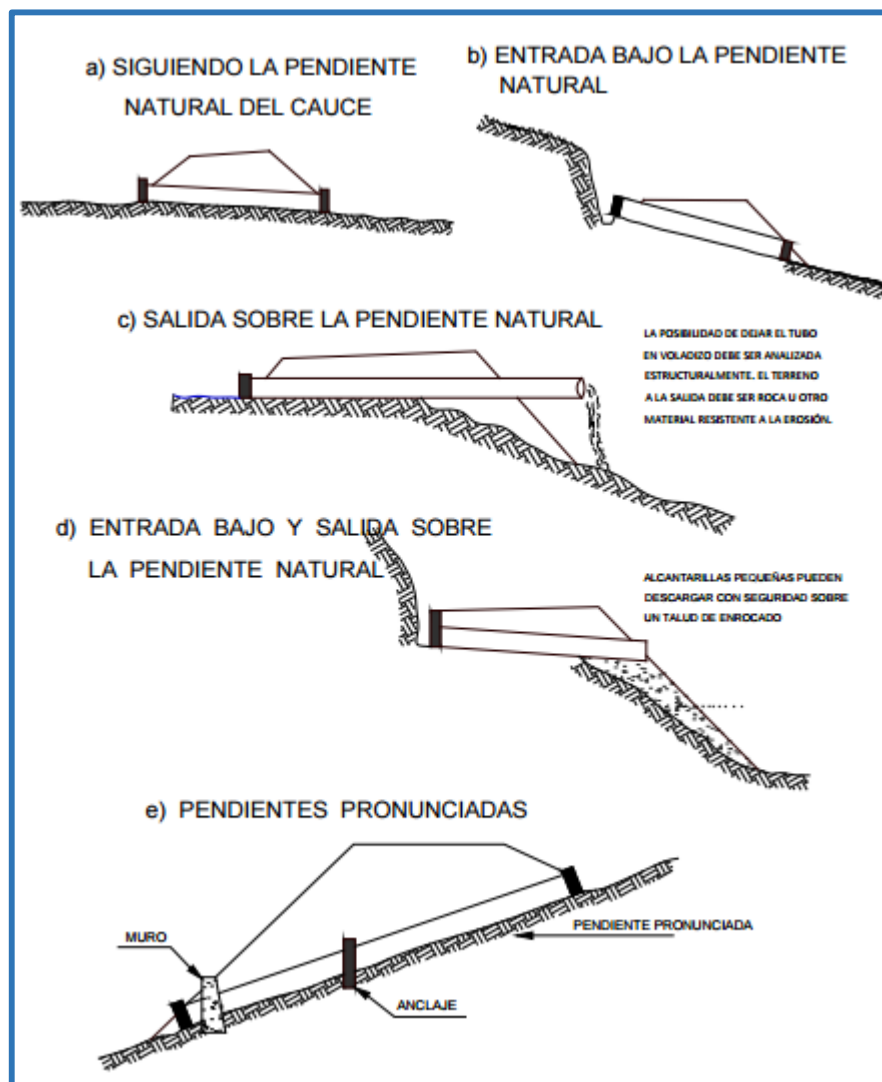


Figura 12: Ubicación típica de alcantarillas respecto a la pendiente del cauce.

Fuente: Lámina N°02 del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje - MTC

### Tipo y sección de alcantarillas.

Los tipos de alcantarillas comúnmente utilizadas en proyectos de carreteras en nuestro país son; marco de concreto, tuberías metálicas corrugadas, tuberías de concreto y tuberías de polietileno de alta densidad.

Las secciones más usuales son circulares, rectangulares y cuadradas. En ocasiones especiales que así lo ameriten pueden usarse alcantarillas de secciones parabólicas y abovedadas.

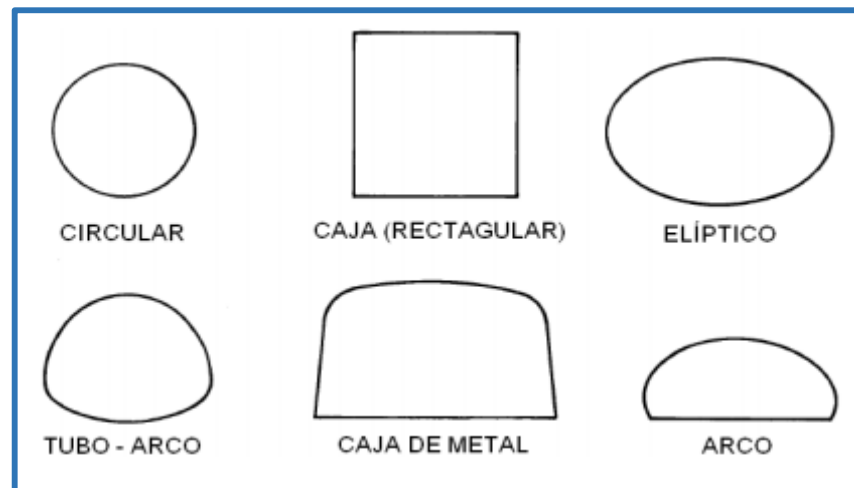


Figura 13: Formas de alcantarilla.

*Fuente: MONTAÑO, A. Y SALAZAR J. (2009).*

Las alcantarillas tipo marco de concreto de sección rectangular o cuadrada pueden ubicarse a niveles que se requiera, como colocarse de tal manera que el nivel de la rasante coincida con el nivel superior de la losa o debajo del terraplén. Generalmente, se recomienda emplear este tipo de alcantarillas cuando se tiene la presencia de suelos de fundación de mala calidad.



En carreteras de alto volumen de tránsito y por necesidad de limpieza y mantenimiento de las alcantarillas, se adopta una sección mínima circular de 0.90 m (36") de diámetro o su equivalente de otra sección, salvo en cruces de canales de riego donde se adoptarán secciones de acuerdo a cada diseño particular.

#### **2.4.1.2. SIFONES INVERTIDOS**

Son conductos cerrados que trabajan a presión, se utilizan para conducir el agua en el cruce de un canal con una depresión topográfica en la que está ubicado un camino, una vía de ferrocarril, un dren o incluso otro canal.

Partes de un sifón invertido

Los sifones invertidos, como se muestra en la figura 15, constan de las siguientes partes:

1. Desarenador
2. Desagüe de excedencias
3. Compuerta de emergencia y rejilla de entrada
4. Transición de entrada
5. Conducto o barril
6. Registros para limpieza y válvulas de purga
7. Transición de salida



Figura 14: Elementos de un sifón invertido.

Fuente: *Elaboración propia en base al libro: Diseño de estructuras Hidráulicas VILLÓN, M. (2005).*

## 1. Desarenador

Consiste en una o varias compuertas deslizantes colocadas en una de las partes laterales, que descargan a un canal con pendiente superior a la del propio canal. Sirven a la vez para desalojar al agua del sifón, cuando por reparaciones en éste sean cerradas las compuertas o agujas de emergencia, se recomienda hacerlos de las dimensiones convenientes para que pase el caudal por desalojar y unirlos al canal colector de la obra de excedencias. Conviene localizarlo antes de la transición de entrada.

## 2. Desagüe de excedencias

Es una estructura que evita que el nivel de agua suba más de lo tolerable en el canal de llegada, evacuando el caudal que no pueda pasar por el sifón. Generalmente consiste en un vertedor lateral construido en una de las paredes del canal. Para el caudal normal, la cresta del vertedor estará al nivel de la superficie libre del agua.





### **3. Compuerta de emergencia y rejilla de entrada**

Por facilidad de construcción se localizan a la entrada del conducto, o sea al finalizar la transición de entrada. La compuerta de emergencia consiste en una o varias compuertas deslizantes o agujas de madera que corren sobre ranuras hechas en las paredes laterales o en viguetas de hierro y que en un momento determinado puedan cerrar la entrada al conducto para poder hacer limpieza o reparaciones al mismo

La rejilla de entrada se acostumbra hacerla con varillas de 3/8" de diámetro o varillas cuadradas de 0.95 x 0.95 (3/8" x 3/8") colocados a cada 0.10 cm, y soldadas a un marco de 2.54 x 1.27 (1" x 1/2"). Su objeto es el impedir o disminuir la entrada al conducto de basuras y objetos extraños que impidan el funcionamiento correcto del conducto. La rejilla permite también proteger a las personas que por una razón están usando el canal.

### **4. Transiciones de entrada y salida**

Como en la mayoría de los casos, la sección del canal es diferente a la adoptada en el conducto o barril, es necesario construir una transición de entrada y otra de salida para pasar gradualmente de la primera a la segunda.

En el diseño de una transición de entrada y salida es generalmente aconsejable tener la abertura de la parte superior del sifón un poco más debajo de la superficie normal del agua. Esta práctica hace mínima la posible reducción de la capacidad del sifón causada por la introducción del aire. La profundidad de sumergencia de la abertura superior del sifón

se recomienda que esté comprendida entre un mínimo de  $1.1h_v$  y un máximo de  $1.5h_v$ .

Donde:

$h_v$  = carga de velocidad

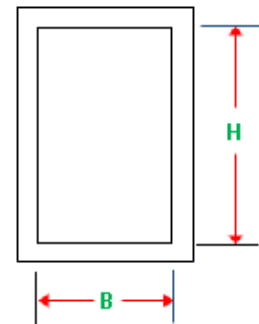
## 5. Conducto o barril

Forma la parte más importante y necesaria de los sifones. Se recomienda profundizar el conducto, dejando un colchón mínimo de 1m en las laderas y de 1.5m en el cruce del cauce para evitar probables fracturas que pudieran presentarse debido a cargas excesivas como el paso de camiones y tractores.

### Sección transversal

Por cuestiones de construcción pueden ser:

1. Cuadradas
2. Rectangulares  $\frac{H}{B} = 1.5$
3. Circulares



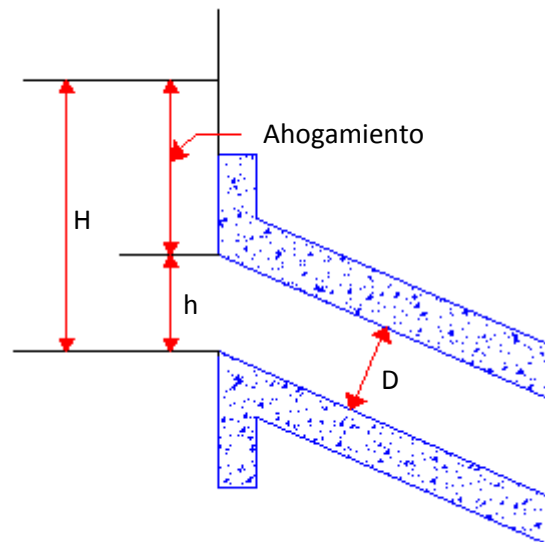
### Velocidades en el conducto

Las velocidades de diseño en sifones grandes son de 2 – 3 m/s, mientras que en sifones pequeños es de 1.6 m/s.

Un sifón se considera largo, cuando su longitud es mayor que 500 veces el diámetro.

## Funcionamiento

El sifón funciona a presión, por lo tanto, debe estar ahogado a la entrada y a la salida.



Ahogamiento  $\geq 10\%$

puede tenerse ahogamiento  $< 50\%$

$$\text{ahogamiento} = \frac{H - h}{h} \times 100$$

El sifón funciona por diferencia de cargas, esta diferencia de cargas debe absorber todas las pérdidas en el sifón. La diferencia de carga  $\Delta Z$  debe ser  $\geq$  las pérdidas totales.

## 6. Registro para limpieza y válvula de purga

Se coloca en la parte más baja del barril, permite evacuar el agua que quede almacenada en el conducto cuando se deja de usar el sifón, con fines de limpieza o reparación, y consistirá en válvulas de compuerta deslizante, de las dimensiones que se estime conveniente de acuerdo con el caudal a desalojar. Se pueden usar para desalojar lodos. Algunas



veces estas válvulas no se pueden colocar en la parte más baja del sifón por tratarse del fondo del cauce del río por salvar, habiendo necesidad cuando se presente el caso, de alguna bomba que succione el agua restante. Estas válvulas se protegen por medio de un registro de tabique o concreto que llega hasta la parte superior del terreno. Deben abrirse gradualmente para evitar aumentos de velocidades fuertes en las tuberías.

## **2.5. DISEÑO DE PAVIMENTOS**

### **2.5.1. 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:

- Estudios de tráfico
- Estudios de mecánica de suelos
- Estudios hidrológicos-pluviométricos
- Estudios de canteras y fuentes de agua

#### **2.5.1.1. Estudio de tráfico**

El estudio de tráfico vehicular se refiere a la cuantificación, clasificación y el conocimiento de su variación horaria (número de vehículos por hora), además permite determinar el nivel de tráfico futuro.

El estudio de tráfico es usado para elaborar el diseño geométrico de carreteras, diseño de pavimentos y para determinar los beneficios sociales del proyecto.



---

## Definiciones extraídas del Reglamento Nacional de Vehículos:

- **Vehículo.-** Medio capaz de desplazamiento pudiendo ser motorizado o no, que sirve para transportar personas o mercancías.
- **Eje.-** Elemento mecánico que sirve de soporte del vehículo, aloja a las ruedas y permite la movilidad del mismo.

Puede ser:

1. Eje de tracción (Motriz).- Eje que transmite la fuerza de tracción.
2. Eje direccional.- Eje a través del cual se aplica los controles de dirección al vehículo.
3. Eje doble.- Conjunto de dos (2) ejes motrices o no, separados a una distancia entre centros de ruedas superior a 1,20 m e inferior a 2,40 m.
4. Eje no motriz.- Eje que soporta carga y no transmite la fuerza de tracción, es decir sus ruedas giran libremente.
5. Eje retráctil.- Eje que puede dejar de tener contacto con la superficie de la vía mediante dispositivos mecánicos, hidráulicos o neumáticos.
6. Eje simple ó independiente.- Eje que no forma conjunto de ejes, es decir se considera como tal, cuando la distancia entre su centro y el centro del eje más próximo es superior a 2,40m. Puede ser motriz o no, direccional o no, anterior, central o posterior.
7. Eje triple.- Conjunto de tres (3) ejes motrices o no, separados a una distancia entre centro de ruedas externas superior a 2,40m e inferior a 3,60m.

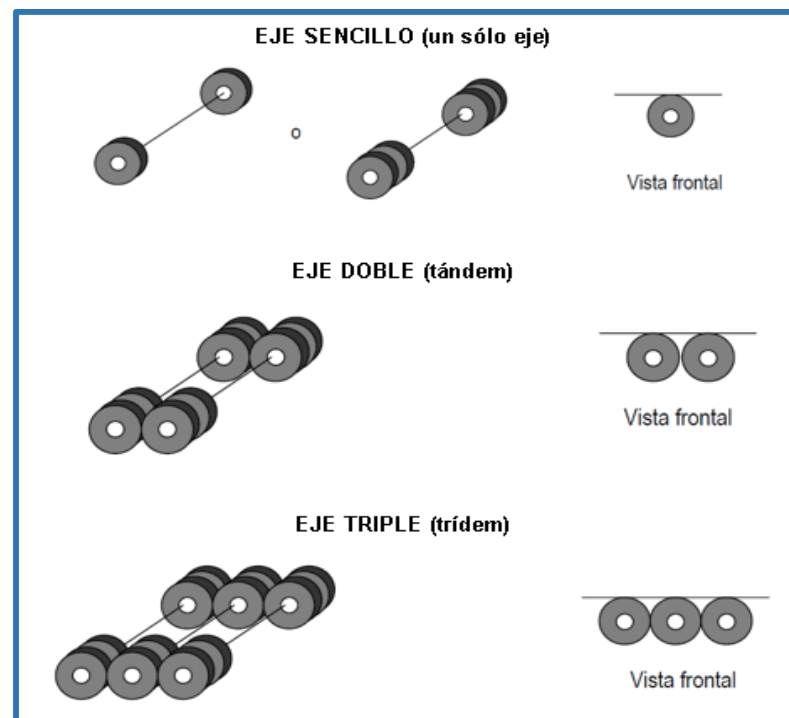


Figura 15: Tipos de ejes de un vehículo.

Fuente: MINAYA, S. Y ORDOÑEZ, A. (2006)

## CONOCIMIENTO DE LA DEMANDA DE TRÁFICO:

La demanda del tráfico es un aspecto esencial que el Ingeniero necesita conocer con relativa y suficiente precisión, para planificar y diseñar con éxito muchos aspectos de la viabilidad, entre ellos el diseño del pavimento.

Es importante conocer el tipo de vehículo, el número de veces que pasa y el peso por eje de ese tipo de vehículo.

## CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS

Según el Reglamento Nacional de Vehículos, estos se clasifican según la cantidad y el tipo de ejes que lo componen, además del peso máximo permitido para cada uno de ellos. El peso bruto vehicular máximo

permitido es de 48 toneladas. Asimismo, el máximo peso permitido por eje.

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS								
Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos	Long. Max. (m)	Peso Máximo (t)				Peso Bruto Max. (t)	
			Eje Delantero	Conjunto de ejes Posteriores				
				1°	2°	3°		4°
C2		12,30	7	11	—	—	—	18
C2RB1		20,50	7	11	11	—	—	29
C2RB2		20,50	7	11	18	—	—	36
C2R2		23,00	7	11	11	11	—	40
C2R3		23,00	7	11	11	18	—	47
C3		13,20	7	18	—	—	—	25
C3R2		23,00	7	18	11	11	—	47
C3R3		23,00	7	18	11	18	—	48 <sup>(2)</sup>
C3R4		23,00	7	18	18	18	—	48 <sup>(2)</sup>
C3RB1		20,50	7	18	11	—	—	36
C3RB2		20,50	7	18	18	—	—	43

Figura 16: Tipos de vehículos y cargas por eje - I.

Fuente: MTC - Reglamento Nacional de Vehículos.

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS								
Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos	Long. Max. (m)	Peso Máximo (t)				Peso Bruto Max. (t)	
			Eje Delantero	Conjunto de ejes Posteriores				
				1°	2°	3°		4°
C4		13,20	7	23 <sup>(1)</sup>	—	—	—	30
C4 RB1		20,50	7	23 <sup>(1)</sup>	11	—	—	41
C4 RB2		20,50	7	23 <sup>(1)</sup>	18	—	—	48
C4 R2		23,00	7	23 <sup>(1)</sup>	11	11	—	48 <sup>(2)</sup>
C4 R3		23,00	7	23 <sup>(1)</sup>	11	18	—	48 <sup>(2)</sup>
B2		13,20	7	11	—	—	—	18
B3-1		14,00	7	16	—	—	—	23
B4-1		15,00	7+7 <sup>(5)</sup>	16	—	—	—	30
BA-1		18,30	7	11	7	—	—	25

Figura 17: Tipos de vehículos y cargas por eje - II.

Fuente: MTC - Reglamento Nacional de Vehículos.



TABLA DE PESOS Y MEDIDAS								
Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos	Long. Max. (m)	Peso Máximo (t)				Peso Bruto Max. (t)	
			Eje Delantero	Conjunto de ejes Posteriores				
				1°	2°	3°		4°
8x4		13,20	7+7 <sup>(5)</sup>	18	—	—	—	32
8x4 RB1		20,50	7+7 <sup>(5)</sup>	18	11	—	—	43
8x4 RB2		20,50	7+7 <sup>(5)</sup>	18	18	—	—	48 <sup>(2)</sup>
8x4 R2		23,00	7+7 <sup>(5)</sup>	18	11	11	—	48 <sup>(2)</sup>
8x4 R3		23,00	7+7 <sup>(5)</sup>	18	11	18	—	48 <sup>(2)</sup>
8x4 R4		23,00	7+7 <sup>(5)</sup>	18	18	18	—	48 <sup>(2)</sup>
T2S1		20,50	7	11	11	—	—	29
T2S2		20,50	7	11	18	—	—	36
T2 Se2		20,50	7	11	11	11	—	40
T2S3		20,50	7	11	25	—	—	43

Figura 18: Tipos de vehículos y cargas por eje - III.

Fuente: MTC - Reglamento Nacional de Vehículos.

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS								
Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos	Long. Max. (m)	Peso Máximo (t)				Peso Bruto Max. (t)	
			Eje Delantero	Conjunto de ejes Posteriores				
				1°	2°	3°		4°
T2 Se3		20,50	7	11	11 <sup>(4)</sup>	18	—	47
T3 S1		20,50	7	18	11	—	—	36
T3S2		20,50	7	18	18	—	—	43
T3Se2		20,50	7	18	11	11	—	47
T3S3		20,50	7	18	25	—	—	48 <sup>(2)</sup>
T3Se3		20,50	7	18	11 <sup>(4)</sup>	18	—	48 <sup>(2)</sup>
T3S2 S2		23,00	7	18	18	18	—	48 <sup>(2)</sup>
T3Se2 Se2		23,00	7	18	11+11 <sup>(3)</sup>	11+11 <sup>(3)</sup>	—	48 <sup>(2)</sup>
T3S2 S1S2		23,00	7	18	18	11	18	48 <sup>(2)</sup>
T3Se2 S1Se2		23,00	7	18	11+11 <sup>(3)</sup>	11	11+11 <sup>(3)</sup>	48 <sup>(2)</sup>

- (1) Conjunto de ejes con un eje direccional
- (2) Vehículos con facilidad de distribución de peso por ejes
- (3) Conjunto de ejes separados compuesto por dos ejes simples donde la distancia entre centros de ruedas es superior a 2,40 m
- (4) Eje direccional
- (5) Carga máxima para conjunto de ejes direccionales compuestos por dos ejes simples donde la distancia entre centros de ruedas es superior a 1,70 m

Figura 19: Tipos de vehículos y cargas por eje - IV.

Fuente: MTC - Reglamento Nacional de Vehículos.

### Peso Vehicular:

El peso máximo por eje independiente o grupos de ejes permitido a los vehículos para su circulación por las vías de nuestro país, es el siguiente:

Tabla 16: Peso máximo por eje o conjunto de ejes.

Eje(s)	Neumático	Gráfico			Kilos
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
Simple	2				7,000
Simple	4				11,000
Doble	6				16,000
Doble	8				18,000
Triple	10				23,000
Triple	12				25,000

Fuente: MTC - Reglamento Nacional de Vehículos.

El peso bruto vehicular máximo es de 48,000kg. El exceso de peso permitido por eje se denominará tolerancia:

Tabla 17: Tolerancia del pesaje dinámico.

Eje(s)	Neumáticos	Tolerancia
Simple	02	350 kg
Simple	04	550 kg
Doble	06	800 kg
Doble	08	900 kg
Triple	10	1,150 kg
Triple	12	1,250 kg

Fuente: MTC - Reglamento Nacional de Vehículos.



## ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)

El Índice Medio Diario Anual (IMDA) es el valor numérico estimado del tráfico vehicular en un determinado tramo de la red vial en un año. El IMDA es el resultado de los conteos volumétricos y clasificación vehicular en campo en una semana, y un factor de corrección que estime el comportamiento anualizado del tráfico de pasajeros y mercancías.

El IMDA se obtiene de la multiplicación del Índice Medio Diario Semanal (IMDS) y el Factor de Corrección Estacional (FC).

$$\text{IMDA} = \text{IMDS} \times \text{FC}$$

Donde:

**IMDS** representa el Índice Medio Diario Semanal o Promedio de Tráfico Diario Semanal, y

**FC** representa el Factor de Corrección Estacional.

El Índice Medio Diario Semanal (IMDS) se obtiene a partir del volumen de tráfico diario registrado por tipo de vehículo en un tramo de la red vial durante 7 días.

$$\text{IMDS} = \sum V_i / 7$$

Donde:

**$V_i$** : Volumen vehicular diario de cada uno de los 7 días de conteo volumétrico.



**El Factor de Corrección Estacional (FC)** es un valor numérico requerido para expandir la muestra del flujo vehicular semanal realizado a un comportamiento anualizado del tránsito. Dicho valor es proporcionado por PROVIAS NACIONAL.

La aplicación del Factor de Corrección (FC), tiene por objeto eliminar el factor de estacionalidad que afecta los movimientos de carga y pasajeros. El factor de estacionalidad depende de una diversidad de factores exógenos como son: las épocas de vacaciones para el caso de movimientos de pasajeros; las épocas de cosecha y los factores climáticos para el transporte de productos agropecuarios; la época navideña para la demanda de todo tipo de bienes.

La determinación de la estacionalidad del tráfico debe ser analizado con atención para definir la época en la cual se están realizando los aforos y encuestas y poder expandir o proyectar los tráficos y expresarlos en términos de un tráfico promedio diario anual (IMDA), de tal forma que se eliminen los picos alto y bajos que podrían presentarse al momento de tomar la información.

Con la información de conteos recopilada en campo y las series históricas de tránsito de las estaciones de peaje ubicadas en la red de análisis, es posible caracterizar este comportamiento.

## **FACTOR DIRECCIONAL Y FACTOR CARRIL**

El factor de distribución direccional expresado como una relación, que corresponde al número de vehículos pesados que circulan en una dirección o



sentido de tráfico, normalmente corresponde a la mitad del total de tránsito circulante en ambas direcciones, pero en algunos casos puede ser mayor en una dirección que en otra, el que se define según el conteo de tráfico.

El factor de distribución carril expresado como una relación, que corresponde al carril que recibe el mayor número de EE, donde el tránsito por dirección mayormente se canaliza por ese carril.

El tráfico para el carril de diseño del pavimento tendrá en cuenta el número de direcciones o sentidos y el número de carriles por calzada de carretera, según porcentaje o factor ponderado aplicado al IMD.

## TASAS DE CRECIMIENTO Y PROYECCIÓN

Se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula de progresión geométrica por separado para el componente del tránsito de vehículos de pasajeros y para el componente del tránsito de vehículos de carga.

$$T_n = T_o(1 + r)^{n-1}$$

En la que:

$T_n$  = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día

$T_o$  = Tránsito actual (año base o) en veh/día

$n$  = Número de años del período de diseño

$r$  = Tasa anual de crecimiento del tránsito.

La tasa anual de crecimiento de tránsito se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico. Normalmente las tasas de crecimiento del tráfico varían entre 2% y 6%. Estas tasas pueden variar



sustancialmente si existieran proyectos de desarrollo específicos, por implementarse con certeza a corto plazo en la zona del camino.

La proyección de la demanda puede también dividirse en dos componentes. Una proyección para vehículos de pasajeros que crecerá aproximadamente al ritmo de la tasa anual de crecimiento de la población y una proyección de la demanda de vehículos de carga que crecerá aproximadamente con la tasa de crecimiento de la economía. Ambos índices de crecimiento correspondientes a la Región, que normalmente cuenta con datos estadísticos de estas tendencias.

### **Crecimiento del Tránsito**

El pavimento debe ser diseñado para servir adecuadamente la demanda del tránsito durante un período de años; por lo tanto, el crecimiento del tránsito se debe anticipar.

El crecimiento puede considerarse como el **Factor de Crecimiento**:

$$\text{Factor de Crecimiento} = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Donde:

r = tasa de crecimiento anual, %

n = período de diseño en años

Según el Manual de Carreteras – MTC, este Factor de Crecimiento es denominado Factor de Crecimiento Acumulado (Fca).



---

## NUMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES

El efecto del tránsito se mide en la unidad definida por AASHTO, como Ejes Equivalentes (EE) acumulados durante el periodo de diseño tomado en el análisis. AASHTO definió como un EE, al efecto de deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargado con 8.2 tn de peso, con neumáticos a la presión de 80lbs/pulg<sup>2</sup>. Los Ejes Equivalentes (EE) son factores de equivalencia que representan el factor destructivo de las distintas cargas, por tipo de eje que conforman cada tipo de vehículo pesado, sobre la estructura del pavimento.

Para el diseño de pavimento, la demanda que corresponde al tráfico pesado de ómnibus y de camiones es la que preponderantemente tiene importancia.



Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	Nº de Neumáticos	Grafico
<b>EJE SIMPLE</b> (Con Rueda Simple)	1RS	02	
<b>EJE SIMPLE</b> (Con Rueda Doble)	1RD	04	
<b>EJE TANDEM</b> (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble)	1RS + 1RD	06	
<b>EJE TANDEM</b> (2 Ejes Rueda Doble)	2RD	08	
<b>EJE TRIDEM</b> (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble)	1RS + 2RD	10	
<b>EJE TRIDEM</b> (3 Ejes Rueda Doble)	3RD	12	

**Nota :**  
RS : Rueda Simple  
RD: Rueda Doble

Figura 20: Configuración de Ejes.

Fuente: Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos.(2014)-MTC.

Para obtener el valor de los EE, el Manual de Carretera MTC presenta las siguientes relaciones simplificadas de valores extraídos de tablas de la Guía AASHTO 93 (apéndice D), para las diferentes configuraciones de ejes de vehículos pesados (buses y camiones) para un pavimento flexible.

Tabla 18: Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) Para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos.

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE <sub>8.2tn</sub> )
Eje Simple de ruedas simples (EE <sub>S1</sub> )	EE <sub>S1</sub> =[P/6.6] <sup>4.0</sup>
Eje Simple de ruedas dobles (EE <sub>S2</sub> )	EE <sub>S2</sub> =[P/8.2] <sup>4.0</sup>
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles+1eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )	EE <sub>TA1</sub> =[P/14.8] <sup>4.0</sup>
Eje Tandem (2 eje de ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )	EE <sub>TA2</sub> =[P/15.1] <sup>4.0</sup>
Eje Tridem (2 ejes ruedas dobles+1eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	EE <sub>TR1</sub> =[P/20.7] <sup>3.9</sup>
Eje Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	EE <sub>TR2</sub> =[P/21.8] <sup>3.9</sup>
P=peso real por eje en toneladas	

Fuente: Manual de Carreteras, sección suelos y pavimentos.(2014)-MTC.

Para el diseño de un pavimento se adopta el número proyectado de EE que circularan por el “carril de diseño”, durante el periodo de análisis. El carril de diseño corresponderá al carril identificado como el más cargado de la carretera y el resultado de este cálculo será adoptado para todos los carriles de la sección vial típica de esa carretera, por tramos de demanda homogénea.

Para definir la demanda sobre el carril de diseño se analizara el tipo de sección transversal operativa de la carretera, el número de calzadas vehiculares y la distribución de la carga sobre cada carril que conforma la calzada.

La medición de la demanda, estará basada en muestreos significativos del tránsito cuando no se cuenta con estaciones de pesaje que pueden generar censos de cargas por tipo de ejes. La investigación más extendida en la



práctica del Perú, se orienta a la estratificación muestral de la carga por tipo de vehículo. Para ello la muestra del tráfico usuario se concentra en el tráfico pesado con la finalidad de obtener una información detallada promedio de ejes que lo conforman y por carga efectiva que lleva el eje. De esta manera con las mediciones obtenidas por tipo de vehículos pesados se calculara el factor vehículo pesado de cada uno de los tipos de vehículos del camino, este factor resulta del promedio de EE que caracteriza cada tipo de vehículo pesado identificado para el camino.

El Factor Vehículo Pesado (Fvp), se define como el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o camión), y el promedio se obtiene dividiendo la sumatoria de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número total del tipo de vehículo pesado seleccionado. El cálculo de factores de EE se efectuara utilizando las cargas reales por eje de los vehículos pesados encuestados en el censo de cargas.

#### **2.6.1.2. 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.

Se tiene los siguientes ensayos que han sido descritos en el acápite 2.5.

- ensayo de granulometría



- límites de Atterberg
- Ensayo de compactación proctor modificado (método C)
- Ensayo de valor de soporte de California o CBR

### **2.6.1.3. Estudios hidrológicos-pluviométricos**

La información necesaria es la precipitación media diaria de la estación seleccionada registrada todos los días durante varios años para poder tener un registro confiable.

Estos datos son importantes para determinar el coeficiente de drenaje (Cd) necesario en la metodología de la AASHTO para pavimentos rígidos o para hallar el valor de  $m_1$  que modifica los coeficientes estructurales de las capas en los pavimentos flexibles.

Asimismo, se puede obtener la temperatura promedio del aire durante el año.

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

El tipo de material que se encuentra disponible en la zona es otro aspecto a tomar en cuenta ya que de ello dependerá la capacidad de soporte de las capas granulares y, por tanto, del pavimento como estructura.

Las especificaciones que debe cumplir el material granular son muchas pero dos de las más importantes son la granulometría y el CBR mínimo.

En cuanto a las fuentes de agua, se debe tener en consideración la cantidad de sulfatos, sólidos en suspensión y el pH del agua.



### 2.5.2. MÉTODO AASHTO-93

Este método fue difundido por la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), publicándose por primera vez en 1972. Comprende un procedimiento de diseño basado en ecuaciones de regresión desarrolladas a partir de tramos de prueba, pero al incluir conceptos como los Módulos de Resiliencia y Elásticos de los materiales, el método adquiere un carácter mecanicístico.

El método AASHTO versión 1993, proporciona los pasos para la realización del diseño estructural de pavimentos rígidos y flexibles. En el caso de los pavimentos flexibles, el método establece que la superficie de rodamiento se resuelve solamente con concreto asfáltico y tratamientos superficiales, pues asume que tales estructuras soportarán niveles significativos de tránsito (mayores de 50,000 ejes equivalentes acumulados de 8.2 ton durante el período de diseño), dejando fuera pavimentos ligeros para tránsitos menores al citado, como son los caminos revestidos o de terracería.

Los procedimientos dados por éste método se basan en las ecuaciones originales de la AASHO (año 1961), producto de las pruebas en Ottawa, Illinois, con tramos a escala natural y para todo tipo de pavimentos. La versión de 1986 y la actual de 1993 se han modificado para incluir factores o parámetros de diseño que no habían sido considerados y que son producto de la experiencia adquirida por ese organismo entre el método original y su versión más moderna, además de incluir experiencias de otras dependencias y consultores independientes.



El método AASHTO 93 consiste principalmente en determinar un Número estructural (SN), el cual es un número abstracto que representa la resistencia estructural del pavimento en función del Módulo Resiliente de la subrasante ( $M_R$ ), tránsito total expresado en ejes equivalentes de 18kips (18,000 libras), índice de servicio final y medio ambiente.

La siguiente ecuación fue derivada de la información obtenida del ensayo AASHTO, siendo mejorada con investigaciones desde 1972 hasta 1993:

$$\log_{10} W_{18} = z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10} M_R - 8.07 \quad \dots(1)$$

Donde:

$W_{18}$  = Número predicho de repeticiones de ejes equivalentes de carga de 18kips.

$Z_R$  = Desviación normal estándar.

$S_o$  = Desviación estándar global.

$\Delta PSI$  = Diferencia entre los índices de diseño de servicio inicial y final.

$M_R$  = Módulo resiliente (psi)

$SN$  = Número estructural indicativo del espesor total requerido del pavimento.

La solución a la ecuación 1 representa la existencia de una probabilidad del 50% de que el tránsito verdadero al momento de alcanzar el índice de servicio final sea mayor o menor que el predicho. Ante esto se ha visto necesario implementar un factor de confiabilidad en el proceso de diseño, de esta manera se evitará el deterioro temprano en el pavimento. Para que el uso del factor de

confiabilidad sea apropiado, los valores que se ingresen a la ecuación de diseño deben ser promedios sin ningún ajuste.

Los valores del número estructural se determinan mediante la aplicación de la ecuación 1 la cual se resuelve con ayuda del nomograma presentado en la guía “AASHTO Guide for Design of Pavement Structures”, y puede observarse en la figura 22.

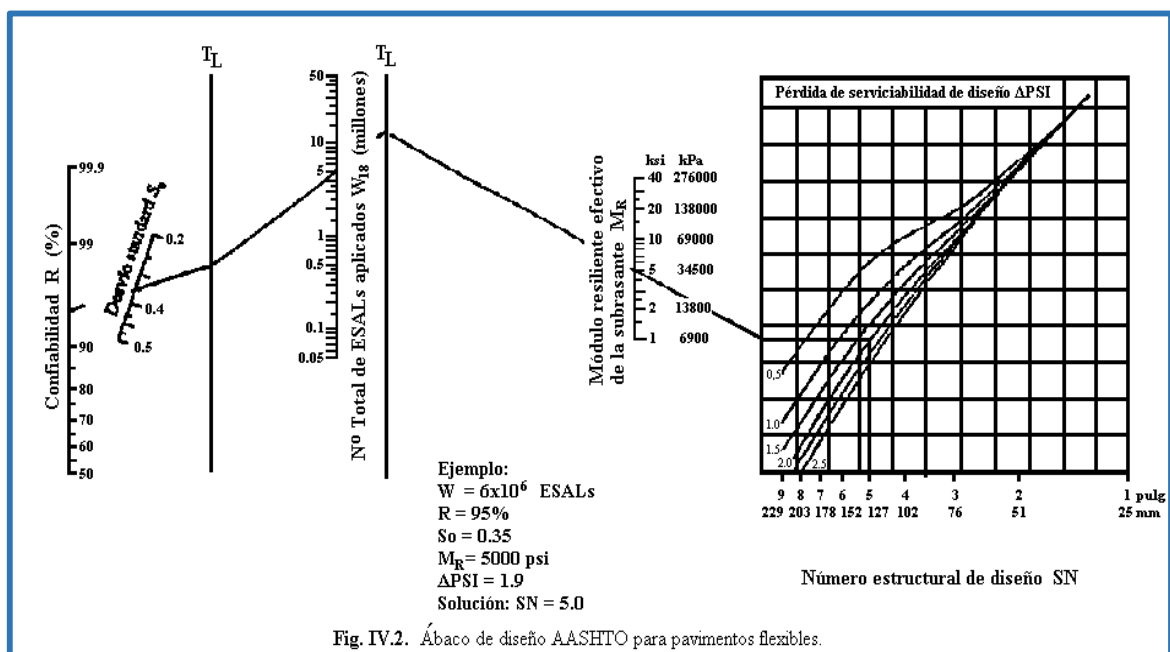


Fig. IV.2. Ábaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles.

Figura 21: Ábaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles.

Fuente: AASHTO, *Guide for Design of Pavement Structures 1993*

### 1. - Índice de servicio.

Los conceptos actuales de desempeño del pavimento incluyen consideraciones estructurales (está en relación con su condición física para soportar cargas), funcionales (referido a lo bien que se sirve al usuario) y de seguridad (no relevante para el presente método). Por tanto se puede concluir que lo predominante es el confort al viajar cuantificándose mediante el concepto de índice de servicio (medida de desempeño en la ecuación de servicio).

El Índice de Servicio Presente “PSI” se obtiene de mediciones de rugosidad y daño, siendo el primero un factor dominante en la estimación del PSI y el segundo se refiere al agrietamiento, bacheo, ahuellamiento, etc. El PSI varía de 0 (carretera intransitable) a 5 (carretera excelente) como se puede ver en la figura 23.

Índice de Servicio	Calificación
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Figura 22: Escala del PSI.

*Fuente: Elaboración propia en base a: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993*

Para el diseño del pavimento flexible la Guía AASHTO 93 hace uso del criterio de “Pérdida de Índice de Servicio”, aplicándose la siguiente ecuación:

$$\Delta\text{PSI} = p_0 - p_t \dots (2)$$

Donde:

$P_0$  = Índice de servicio inicial.

$P_t$  = Índice de servicio final.

- **Índice de servicio inicial ( $P_0$ ):** valor estimado que tendrá el pavimento inmediatamente después de la construcción. Los pavimentos flexibles del ensayo vial AASHTO tienen un  $P_0$  igual a 4.2 y los pavimentos de alta calidad han logrado un valor de hasta 4.8. debido a esto para





efectos de diseño se aconseja elegir un valor de 4.5, y también se recomienda que las entidades definan valores acordes a sus condiciones locales.

- **Índice de servicio final ( $P_t$ ):** nivel aceptable mínimo tolerable antes de la rehabilitación de la estructura. Su valor depende del tipo de carretera como se puede observar en la tabla 19.

Tabla 19: Valores de  $P_t$  en función del tipo de carretera.

Tipo de carretera	$P_t$
Autopistas	3.0
Carreteras principales	2.5
Arterias urbanas	2.5
Carreteras de secundarias importantes	2.25
Carreteras secundarias	2.0
Carreteras de menor importancia	1.5

Fuente: Elaboración propia en base a: AASHTO, *Guide for Design of Pavement Structures 1993*

## 2.- Tránsito:

Este método considera la siguiente información de tránsito: las cargas por eje, la configuración de los ejes y el número de aplicaciones. Los resultados del ensayo vial AASHO indican que el daño producido por el paso de un eje de cualquier masa, puede representarse por un número de ejes sencillos equivalentes de 18 kips o ESAL.

Para el cálculo de parámetro de tránsito  $W_{18}$  en el carril de diseño se hace uso de la siguiente ecuación:

$$W_{18} = D_D * D_L * ESAL... (3)$$



Donde:

$W_{18}$  = Tránsito acumulado, en ejes equivalentes sencillos de 8.2 ton, en el carril de diseño.

$D_D$  = Factor de distribución direccional; se recomienda 50% para la mayoría de las carreteras, pudiendo variar de 0.3 a 0.7, dependiendo de en qué dirección va el tránsito con mayor porcentaje de vehículos pesados.

$D_L$  = Factor de distribución por carril, cuando se tengan dos o más carriles por sentido.

ESAL = Ejes equivalentes acumulados en ambas direcciones.

Los factores de distribución por carril  $D_L$ , recomendados por AASHTO se muestran en la tabla N° 20

Tabla 20: Factores de distribución por carril.

Número de carriles en ambas direcciones	% ESAL en carril de diseño
1	100
2	80 – 100
3	60 – 80
4 ó más	50 – 75

Fuente: AASHTO, *Guide for Design of Pavement Structures 1993*



### 3.- Módulo de Resiliencia efectivo:

AASHTO 93 indica que el módulo resiliente  $M_R$  representa las características o propiedades mecánicas del suelo de la subrasante. Mide las propiedades elásticas reconociendo sus características no lineales. El módulo resiliente se correlaciona con el CBR, mediante la siguiente ecuación:

$$M_R [psi] = 1500 \times CBR \dots (4)$$

Esta ecuación es razonable para suelos de gradación fina con CBR menores que 10%.

### 4.- Medio Ambiente:

El clima (variaciones térmicas) y las precipitaciones pluviales son dos factores importantes que influyen en el comportamiento del pavimento. Estas afectan la resistencia, durabilidad y transporte de carga.

El clima influye en:

- Las propiedades de flujo plástico del concreto asfáltico.
- Los esfuerzos térmicos inducidos en el concreto asfáltico.
- El congelamiento y descongelamiento de la subrasante.

A las precipitaciones pluviales se suma otro gran factor que es el drenaje de los pavimentos. Un adecuado drenaje debe estar provisto de los siguientes sistemas: drenaje superficial, drenaje subterráneo y drenaje estructural. De esta manera se evitará daños en la estructura del pavimento debido al ingreso y exceso de agua dentro de la estructura lo cual va acompañado del movimiento del tránsito.



La presencia de agua en los pavimentos genera:

- Reducción de la resistencia de los materiales granulares no cementados.
- Reducción de la resistencia de la subrasante.
- Pérdida de finos de la base por lavado y la correspondiente disminución del soporte estructural.
- Desprendimiento del asfalto de los agregados.

#### **5.- Periodo de diseño:**

El período de diseño se refiere al tiempo desde que la estructura de pavimento entra en servicio hasta antes que necesite algún trabajo de rehabilitación.

Según la Guía AASHTO 1993 para el diseño de pavimentos, nos dice que el período de diseño se refiere al período de uso o período de tiempo transcurrido para que una estructura de pavimento, nueva o rehabilitada, se deteriore desde su servicialidad inicial hasta su servicialidad final.

Cabe indicar que el periodo de diseño y la vida del pavimento son conceptos diferentes, pues la vida del pavimento puede prolongarse mediante proyectos de rehabilitación.

Tabla 21: Periodos de diseño en función del tipo de carretera.

TIPO DE CARRETERA:	PERIODO DE DISEÑO
Urbana con altos volúmenes de tránsito.	30-50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito.	20-50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito.	15-25 años
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito.	10-20 años

Fuente: AASHTO, *Guide for Design of Pavement Structures 1993*

## 6.- Confiabilidad “R”:

La confiabilidad es la probabilidad de que el sistema del pavimento cumplirá la función prevista durante su período de diseño y bajo las condiciones (o medio ambiente) encontrados durante la operación. Éste parámetro pretende alcanzar un grado de certeza en el método de diseño y de esta manera garantizar que las diferentes alternativas de la sección estructural que se obtengan, duren como mínimo el período de diseño.

El método AASHTO 93 recomienda los siguientes rangos de valores de acuerdo a la clasificación funcional de la carretera.

Tabla 22: Niveles sugeridos de confiabilidad, R.

Clasificación Funcional	Nivel de Confiabilidad recomendado	
	Urbano	Rural
Interestatal y otras vías	85-99.9	80-99.9
Arterias Principales	80-99	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente: AASHTO, *Guide for Design of Pavement Structures 1993*



## 7.- Desviación Estándar Global " $S_0$ "

La  $S_0$  está relacionada directamente con la Confiabilidad "R". Debe establecerse un valor representativo de las condiciones locales particulares, las cuales consideren posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito.

Para pavimentos flexibles la  $S_0$  posee un valor de 0.45, en el caso que se considere la variación del tránsito y la variación de otras variables ligadas con los modelos de desempeño. Así también el rango de los valores de  $S_0$  para ese tipo de pavimento oscila entre 0.40 y 0.50.

La elección de un nivel de confiabilidad depende principalmente del riesgo que se quiera correr con el diseño.

## 8.- Desviación Estándar Normal ( $Z_R$ )

La desviación estándar normal está en función de la confiabilidad del proyecto, R. En la tabla 23 se muestran los valores de desviación estándar correspondiente a diferentes niveles de confiabilidad.



Tabla 23: Desviación estándar, Z<sub>R</sub>.

Confiabilidad R, %	Desviación Estándar Normal, Z <sub>R</sub>
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Fuente: AASHTO, *Guide for Design of Pavement Structures 1993*

## 9.- Determinación de espesores por capa

El SN debe convertirse en espesores de rodadura, base y subbase (capas de una estructura típica de un pavimento) mediante el uso de coeficientes adecuados que expresen la resistencia de los materiales de construcción.

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \dots (5)$$

Donde:

- a<sub>i</sub>      coeficiente de la capa i (1/pulg.)
- D<sub>i</sub>      espesor de la capa i (pulg.)
- m<sub>i</sub>      coeficiente de drenaje de la capa i (adimensional)



## 9.1.- Coeficientes de capa

Los subíndices 1,2 y 3 de la ecuación 5 se refieren a las capas de carpeta asfáltica, base y sub base (si se aplica) respectivamente. Los coeficientes de capa dependen del módulo resiliente del suelo (MR), se determinan empleando los conceptos esfuerzo-deformación de un sistema multicapa. Los coeficientes de capa usados en la pista de prueba AASHO son:

Concreto asfáltico superficial, a1	0.40 - 0.44 pulg <sup>-1</sup>
Base de piedra chancada, a2	0.10 - 0.14 pulg <sup>-1</sup>
Sub base de grava arenosa, a3	0.06 - 0.10 pulg <sup>-1</sup>

Para la obtención de los coeficientes de capa a1, a2 y a3 deberán utilizarse las Figuras 24 a 28, en donde se representan valores de correlaciones hasta de cinco diferentes pruebas de laboratorio: Módulo Elástico, Texas Triaxial, R - valor, VRS y Estabilidad Marshall.

Para carpeta asfáltica	(a <sub>1</sub> )	Figura 23
Para bases granulares.	(a <sub>2</sub> )	Figura 24
Para subbases granulares.	(a <sub>3</sub> )	Figura 25
Para bases estabilizadas con cemento.		Figura 26
Para bases estabilizadas con asfalto.		Figura 27

## 9.2.- Coeficientes de drenaje

La guía AASHTO considera los efectos del drenaje en el diseño de pavimentos flexibles mediante la modificación de los coeficientes estructurales ( $a_i \times m_i$ ) en función de la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en el cual el pavimento estará sometido a niveles de humedad cercanos a la saturación.





En el proceso de diseño de pavimentos flexibles es necesario determinar los coeficientes de drenaje,  $m_2 y m_3$ , que se aplican exclusivamente a las capas de base y subbase granulares no tratadas respectivamente. Las tablas 24 y 25 permiten determinar dichos coeficientes. Se debe tomar en cuenta que en el sistema de drenaje del ensayo vial AASHTO se calificó como “Aceptable”, y que el agua libre se removiera en el transcurso de una semana.

Tabla 24: Condiciones de drenaje.

Calidad de drenaje	Retiro de agua dentro de:
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	el agua no drena

Fuente: AASHTO, *Guide for Design of Pavement Structures 1993*

Tabla 25: Coeficientes de drenaje recomendados, mi.

Calidad de drenaje	% de tiempo en que la estructura del pavimento es expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos que 1%	1-5%	5-25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Fuente: AASHTO, *Guide for Design of Pavement Structures 1993*

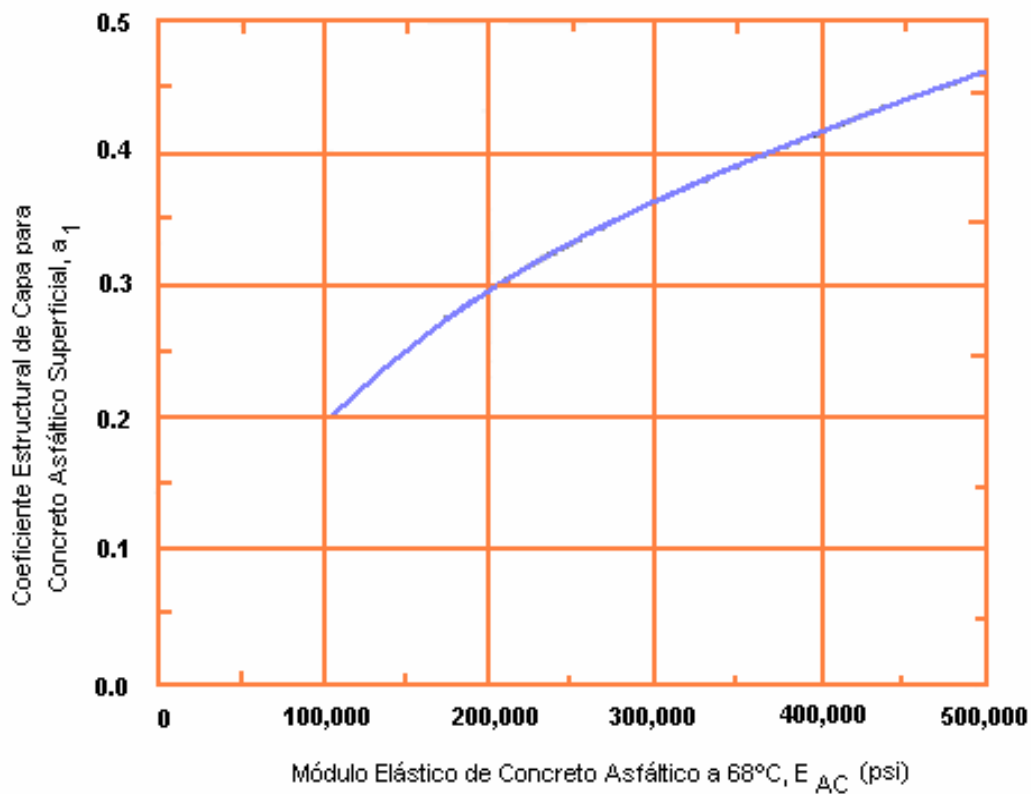
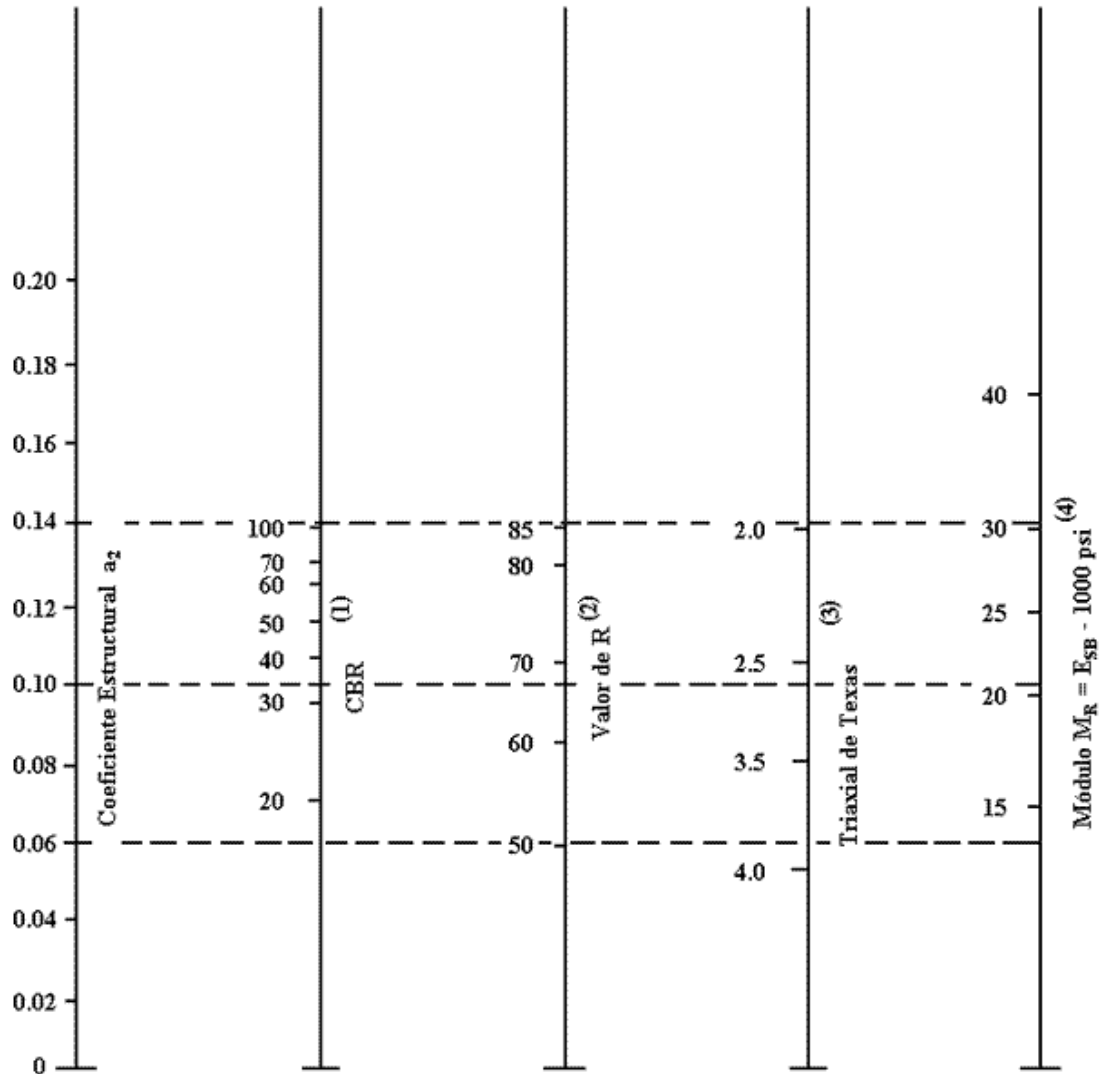


Figura 23: Gráfica para determinar el coeficiente estructural de capa de concreto asfáltico denso "a1" con base en el módulo elástico.

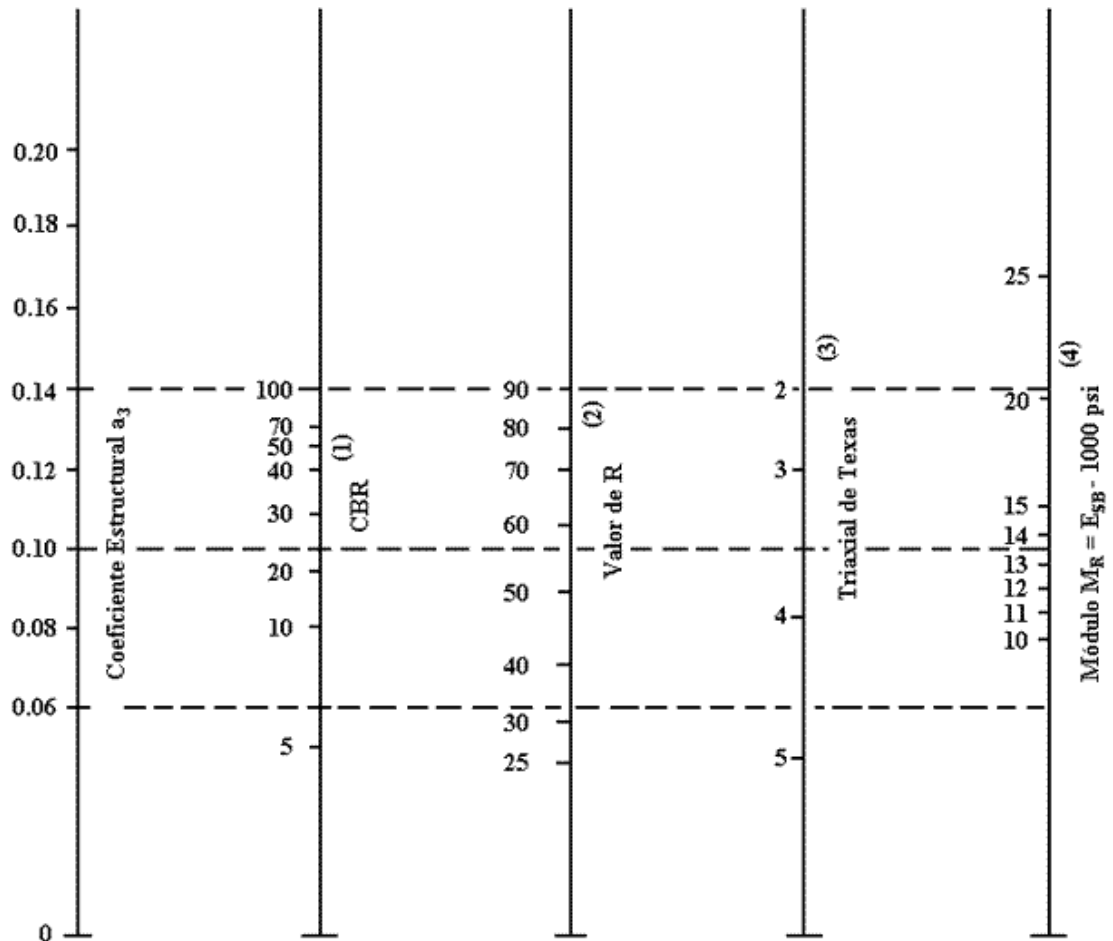
Fuente: AASHTO, *Guide for Design of Pavement Structures 1993*



- (1) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de California, Nuevo Mexivo y Wyoming.
- (3) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

Figura 24: Variación de coeficiente de capa de base granular ( $a_2$ ) con la variación de los parámetros de resistencia.

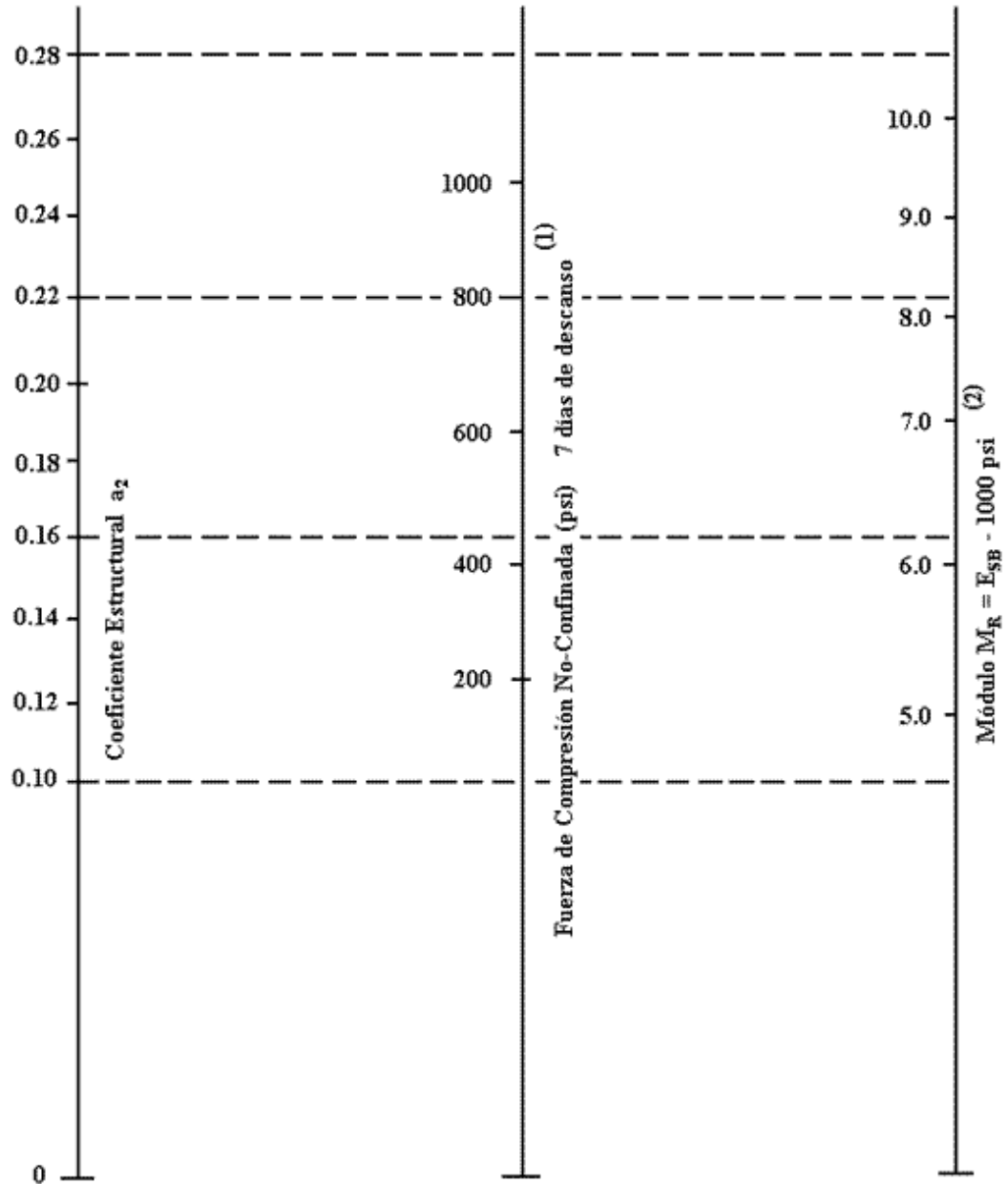
Fuente: AASHTO, *Guide for Design of Pavement Structures 1993*



- (1) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de California, Nuevo Mexivo y Wyoming.
- (3) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

Figura 25: Variación en el coeficiente estructural de capa de subbase granular “a3” con varios parámetros de resistencia de la subbase.

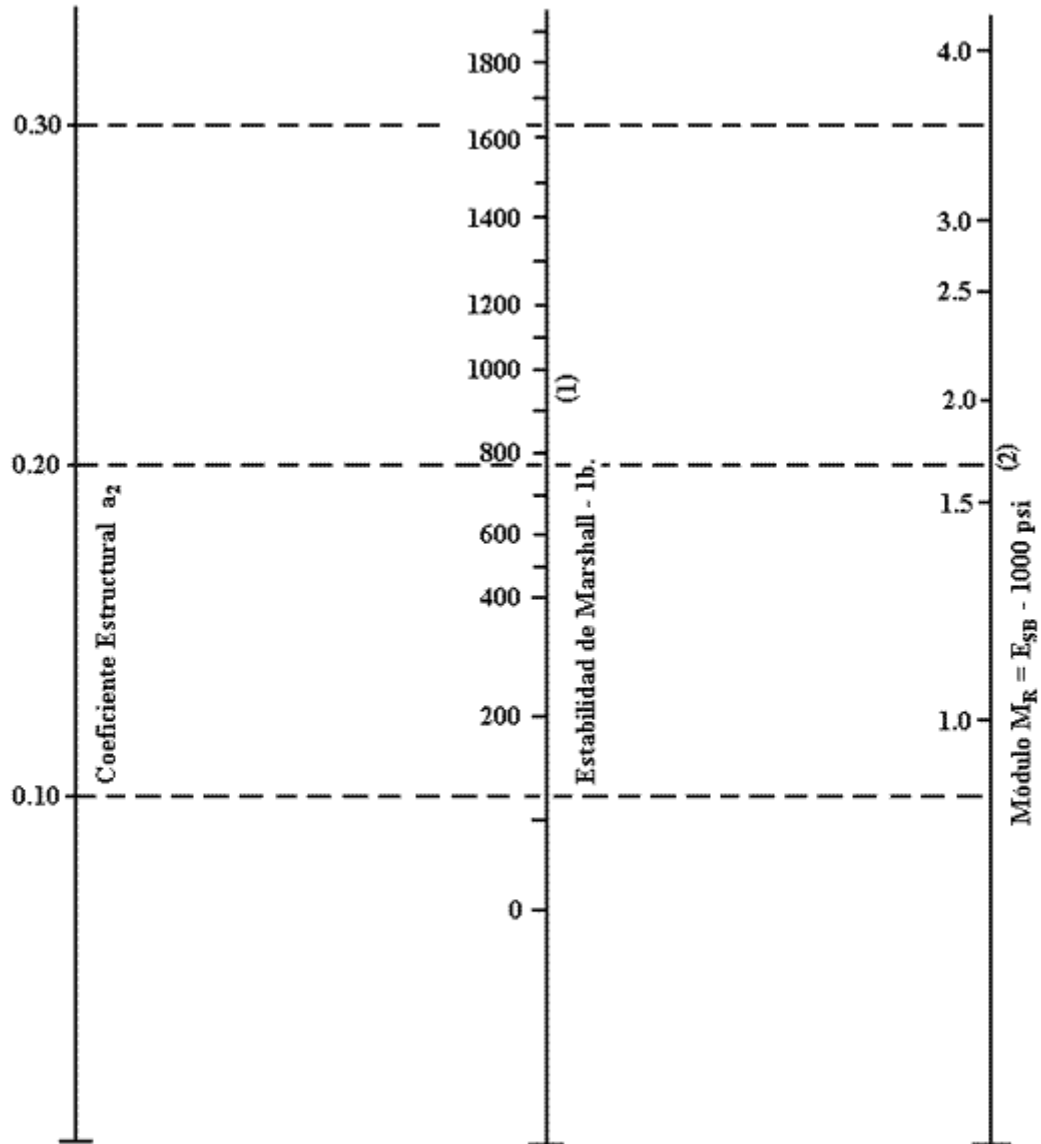
Fuente: AASHTO, *Guide for Design of Pavement Structures 1993*



- (1) Escala derivada por correlaciones promedios de Illinois, Louisiana y Texas.  
 (2) Escala derivada en el proyecto NCHRP (3).

Figura 26: Variación en el coeficiente “a2” para bases tratadas con cemento, con varios parámetros de resistencia.

Fuente: AASHTO, *Guide for Design of Pavement Structures 1993*



- (1) Escala derivada por correlaciones promedios de Illinois.  
(2) Escala derivada en el proyecto NCHRP (3).

Figura 27: Variación en el coeficiente estructural "a2" para bases tratadas con asfalto, con varios parámetros de resistencia.

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993



### 9.3. Diseño de espesores del pavimento:

El valor de "SN" no corresponde a una solución única, es decir, existen muchas combinaciones satisfactorias de espesores. Los espesores de las capas deben redondearse a la  $\frac{1}{2}$  pulgada siguiente. Para el cálculo de los espesores D1, D2 y D3 (en pulgadas), la guía presenta valores mínimos de espesor de capa de acuerdo con el tránsito, pero sugiere la investigación de las prácticas locales para formular espesores mínimos, como se muestra en la tabla 26.

Tabla 26: Espesores mínimos, en pulgadas, en función de los ejes equivalentes.

TRÁNSITO (ESAL's) EN EJES EQUIVALENTES	CARPETAS DE CONCRETO ASFÁLTICO	BASES GRANULARES
Menor de 50,000	1.0 ó T.S.	4.0
50,001 – 150,000	2.0	4.0
150,001 – 500,000	2.5	4.0
500,001 – 2'000,000	3.0	6.0
2'000,001 – 7'000,000	3.5	6.0
Mayor de 7'000,000	4.0	6.0

T.S. = tratamiento superficial con sellos.

*Fuente: RICO, A., TÉLLEZ, R. Y GARNICA, P. (1998).*

Es importante establecer que cuando se obtienen espesores superiores a los mínimos establecidos en la tabla 26, no es correcto reducir dichos espesores a los mínimos, pues estos son valores sugeridos de acuerdo con la práctica constructiva y no con un criterio de aporte estructural límite.

## 10.- Análisis del diseño final con sistema multicapa.

Deberá reconocerse que, para pavimentos flexibles, la estructura es un sistema de varias capas y por ello deberá diseñarse de acuerdo a ello. Como ya se describió al principio del método, el “número estructural SN” sobre la capa subrasante o cuerpo del terraplén es lo primero a calcularse. De la misma manera deberá obtenerse el número estructural requerido sobre las capas de la subbase y base, utilizando los valores de resistencia aplicables para cada uno. Trabajando con las diferencias entre los números estructurales que se requieren sobre cada capa, el espesor máximo permitido de cualquier capa puede ser calculado. Por ejemplo, el número estructural máximo permitido para material de la capa de subbase, debe ser igual al número estructural requerido sobre la subbase restado del SN requerido sobre la subrasante.

El Método AASHTO recomienda el empleo de la siguiente figura y ecuaciones:

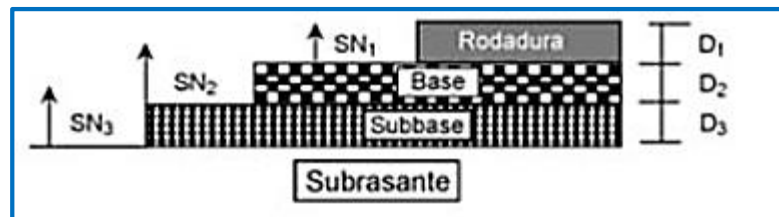


Figura 28: Procedimiento para determinar los espesores de las capas usando la aproximación de “análisis de capas”.

Fuente: TAPIA, M. Pavimentos.

$$\text{Capa 1: } D_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1} SN_1^* = a_1 x D_1^* \geq SN_1$$

$$\text{Capa 2: } D_2^* \geq \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 x m_2} SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$

$$\text{Capa 3: } D_3^* \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 x m_3}$$





- (1) a, D, m y SN se han definido previamente y son **valores mínimos** requeridos.
- (2) Un asterisco en los valores de D o SN indica que son los valores realmente usados y que deben ser mayores o iguales que los valores requeridos.



# **CAPITULO III:**

# **MATERIALES Y MÉTODOS**

### 3.1. SELECCIÓN DE LUGAR DE ANÁLISIS

Para seleccionar el lugar de análisis se realizó un recorrido a través de la Panamericana Norte, desde la ciudad de Huacho, hasta la ciudad de La Primavera, eligiéndose el tramo comprendido entre las progresivas Km 155+000 – Km 160+000, ubicado en la ciudad de Huaura, se seleccionó dicho tramo por ser el que reúne las mejores condiciones de estudio y evaluación (Presenta sub tramos construidos y por construir, además de estar relativamente alejado de la congestión de la ciudad)



Figura 29: Mapa de ubicación del tramo de estudio.

Fuente: Elaboración propia en base a

[https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MAPAS\\_VIALES\\_2014/15-LIMA.pdf](https://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MAPAS_VIALES_2014/15-LIMA.pdf)



Figura 30: Vista satelital del tramo de estudio.

Fuente: [www.google.com.pe/maps/](http://www.google.com.pe/maps/)



## **3.2. SELECCIÓN DE LA MUESTRA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A ANALIZAR**

Se realizó la obtención de la muestra aprovechando el lote de material a emplear en determinados tramos de la Panamericana Norte, se seleccionó al material de sub-base, base y carpeta de rodadura con el cual se procedió a realizar los ensayos de mecánica de suelos aplicados a pavimentos para poder determinar y evaluar si la estructura del pavimento actual cumple con los estándares de la norma EG-2013 y con lo indicado en el expediente técnico.

## **3.3. ESTUDIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

Se realizaron los ensayos de mecánica de suelos al material que conforma la estructura del pavimento actual (sub base y base), así como a la mezcla asfáltica en caliente (MAC)

### **3.3.1. ENSAYOS DE LABORATORIO**

Los ensayos de laboratorio fueron conforme a las normas establecidas, entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

- Análisis Granulométrico ASTM D 422
- Contenidos de Humedad ASTM D2216
- Límites de consistencia ASTM D4318
- Desgaste Los Ángeles MTC E 207
- Relaciones Humedad Densidad (Proctor Modificado) MTC E 115-2000
- CBR MTC E 132
- Equivalente de Arena MTC 114



-Porcentaje de caras fracturadas en los agregados MTC E210

-Partículas chatas y alargadas ASTM D4791

### **3.4. METODOLOGÍA USADA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO**

Se realizó el diseño del pavimento pese a no estar incluir dentro de los objetivos del presente trabajo de investigación, ya que consideramos de importancia la verificación de los espesores de las capas del pavimento luego de haber comprobado el cumplimiento de los parámetros de los requisitos de los materiales de base, subbase y capa de rodadura.

La elaboración del diseño del pavimento se realizó en base al Método AASHTO 93, la cual permite el análisis y cálculo de los espesores de la estructura del pavimento en función a las siguientes variables:

-Tráfico

-Características del suelo y de los materiales

-Condiciones de drenaje

-Confiabilidad

-Desviación estándar

-Periodo de diseño

El acápite 2.5. del marco teórico nos muestra ábacos y tablas que fueron empleadas, además se tomaron datos del expediente técnico y de los ensayos realizados.



Para el cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2tn, se usó la siguiente expresión por tipo de vehículo. El resultado final fue la sumatoria de los tipos de vehículos considerados:

$$N_{\text{rep de EE}_{8.2\text{tn}}} = \sum [EE_{\text{día-carril}} \times 365 \times ((1+t)^n - 1)] / t$$

**De donde:**

**EE<sub>día-carril</sub> = EE x factor direccional x factor carril**

**EE = N° de vehículos según tipo x factor vehículo x factor de presión de llantas**

**N<sub>rep de EE<sub>8.2tn</sub></sub> = Número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2tn**

**EE<sub>día-carril</sub> = Ejes equivalentes por día para el carril de diseño**

**365 = Número de días del año**

**t = Tasa de proyección del tráfico, en centésimas**

**EE = Ejes equivalentes**

Para el cálculo de las dimensiones de la capa se usó un programa en Excel, el cual se puede observar en el anexo n° 06.

### **3.5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA NORMA (EG-2013)**

La presente norma describe los requisitos de calidad que debe cumplir el material de préstamo que ha de ser usado para la conformación de la estructura del pavimento.

Los parámetros con los cuales deben cumplir los materiales están indicados en



las tablas 6,7,8,9,10,11,12,13,14 y 15, en el acápite "2.5.4. Requisitos de los Materiales" del marco teórico.

### 3.6. EXPEDIENTE TÉCNICO DE OBRA

Del expediente técnico se obtuvieron las siguientes especificaciones y datos.

#### 3.5.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

##### 3.5.1.1. SUB BASE

###### Granulometría

El material para sub-base deberá ser de una calidad tal, que pueda compactarse de manera satisfactoria, de acuerdo con los requisitos granulométricos indicados en la siguiente tabla, considerando el Método ASSHTO M-147-65 (1993).

Tabla 27: Requisitos de granulometría para material de sub base.

REQUISITOS DE GRANULOMETRÍA				
TAMIZ	PORCENTAJE EN PESO QUE PASA POR LAS MALLAS			
	TIPO A	TIPO B	TIPO C	TIPO D
2"	100	100	-	-
1"	-	75 - 95	100	100
3/8"	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
N° 4	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
10	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
40	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
200	2 - 8	5 - 20	5 - 15	5 - 20

Fuente: EG-2000

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

- Límite Líquido (AASHTO T-89) Máximo 25%
- Índice Plástico (AASHTO T-91) Máximo 3%
- Equivalente de Arena (AASHTO T-176) Mínimo 50%





- Abrasión Los Ángeles (AASHO T-96) Máximo 40%
- Durabilidad (ASTM C-88) Máximo 12%
- Partículas chatas y alargadas (ASTM D-693) Máximo 20%
- Valor Relativo de Soporte, C.B.R. (ASTM D-1883) Mínimo 80%
- Sales Solubles Totales Máximo 1%
- Porcentaje de Compactación del Proctor Modificado  
Referido a la Máxima Densidad Seca (ASTM D-1557)Mínimo 100%
- Variación en el contenido óptimo de humedad del  
Proctor modificado  $\pm 1.5\%$

El material para sub-base debe estar libre de materia orgánica, terrones de arcilla o basuras; aquel material que no cumpla con todo lo anteriormente mencionado será rechazado, se verificará la composición granulométrica efectuando 2 ensayos cada 500 m<sup>3</sup> de material; índice CBR efectuando 1 ensayo cada 500 m<sup>3</sup> de material; desgaste en la Máquina de los Ángeles realizando 2 ensayos al iniciar la explotación de la cantera y 2 ensayos adicionales cuando, a juicio del Supervisor, el material cambie sus características.

Los controles de densidad se ceñirán a lo indicado en la norma ASTM D-1556, los cuales se efectuarán alternadamente cada 100 metros lineales en cada vía. El Supervisor no autorizará la colocación del material de base sobre ésta superficie preparada, sin antes haberse alcanzado el porcentaje de compactación especificado (100% MDS Proctor Modificado). La Sociedad



Concesionaria podrá determinar el porcentaje de compactación en la capa de sub-base por medio del uso de densímetros nucleares, sin embargo, los resultados obtenidos deberán ser contrastados en forma aleatoria con los obtenidos por el método tradicional.

### 3.5.1.2. BASE

#### Granulometría

El material para base deberá cumplir con los requisitos granulométricos indicados en la siguiente tabla, considerando el Método ASSHTO M-147-65 (1993).

Tabla 28: Requisitos de granulometría para material de base.

REQUISITOS DE GRANULOMETRÍA			
TAMIZ	PORCENTAJE EN PESO QUE PASA POR LAS MALLAS		
	TIPO A	TIPO B	TIPO C
2"	100	100	-
1"	-	75 - 95	100
3/8"	30 - 65	40 - 75	50 - 85
N° 4	25 - 55	30 - 60	35 - 65
10	15 - 40	20 - 45	25 - 50
40	8 - 20	15 - 30	15 - 30
200	2 - 8	5 - 20	5 - 15

Fuente: EG-2000

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

En forma complementaria, dicho material debe cumplir con las siguientes características físico-químicas:

- Límite Líquido (AASHO T-89) Máximo 25%
- Índice Plástico (AASHO T-91) Máximo 3%
- Equivalente de Arena (AASHO T-176) Mínimo 50%



- 
- Abrasión Los Ángeles (AASHO T-96) Máximo 40%
  - Durabilidad (ASTM C-88) Máximo 12%
  - Partículas chatas y alargadas (ASTM D-693) Máximo 20%
  - Valor Relativo de Soporte, C.B.R. (ASTM D-1883) Mínimo 80%
  - Sales Solubles Totales Máximo 1%
  - Porcentaje de Compactación del Proctor Modificado Referido a la Máxima Densidad Seca (ASTM D-1557) Mínimo 100%
  - Variación en el contenido óptimo de humedad del Proctor modificado  $\pm 1.5\%$

El material que será utilizado en la conformación de la capa de base deberá estar libre de materia orgánica, terrones de arcilla, presentando una granulometría uniforme y continua; aquel material que no cumpla con todo lo anteriormente mencionado será rechazado, se verificará la composición granulométrica realizando 2 ensayos cada 500 m<sup>3</sup> de material, índice CBR efectuando 1 ensayo cada 1,000 m<sup>3</sup>, desgaste en la Máquina de los Ángeles realizando 2 ensayos al inicio de la explotación de la cantera y 2 ensayos adicionales cuando, el material cambie sus características.

La grava o piedra triturada para base, consistirá de partículas duras y durables o fragmentos de piedra o grava con un porcentaje de agregado fino (pasante el tamiz N° 4). Todo material de tamaño excesivo que se haya encontrado en depósitos de los cuales se obtiene el material para la capa de base, será triturado hasta obtener el tamaño requerido.



No menos del 50% en peso de las partículas del agregado grueso triturado, deberá tener más de una cara de fractura o forma cúbica angulosa. Si es necesario para cumplir con este requisito la grava será tamizada antes de ser triturada.

### 3.5.1.3. MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE (MAC)

Tabla 29: Requisitos de granulometría para diseños de mezclas asfálticas.

HUSO GRANULOMETRICO PARA DISEÑOS DE MEZCLAS ASFALTICAS					
Tipo	IVa	IVb	IVc	IVd	TOLERANCIAS
GRADUACION	DENSA				
Espesor compactado para capas individuales	3/4"-11/2"	1"-2"	1 1/2"-3"	2 1/2"-4"	
1 1/2"				100	
1"			100	80-100	-8
3/4"		100	80-100	70-90	-8
1/2"	100	80-100			-8
3/8"	80-100	70-90	60-80	55-75	-7
N°4	55-75	50-70	48-65	45-62	-7
N°8	35-50	35-50	35-50	35-50	-6
N°30	18-29	18-29	19-30	19-30	-5
N°50	13-23	13-23	13-23	13-23	-5
N°100	8-16	8-16	7-15	7-15	-5
N°200	4-10	4-10	0-8	0-8	-4

Fuente: EG-2000



## CARACTERISTICAS FISICOS MECANICAS DE AGREGADOS GRUESO Y FINO A UTILIZAR EN EL MAC

### Agregados Gruesos

Los agregados gruesos, deben cumplir además con los siguientes requerimientos físico-químicos:

- Durabilidad (ASTM C-88) Máximo 12%
- Abrasión (ASTM C-131) Máximo 30%
- Partículas chatas y alargadas (ASTM D-693) Máximo 12%
- Absorción de agua (ASTM C-127) Máximo 1%

Dichos agregados serán limpios, compactos y durables, no estarán recubiertos de arcilla, limo u otras sustancias perjudiciales y no contendrán arcilla en terrones. Los acopios destinados a capas de superficie deberán estar cubiertos para prevenir una posible contaminación.

No se utilizarán en capas de superficie, agregados con tendencia a pulimentarse por acción del tráfico.

Cuando la granulometría de los agregados tiende a la segregación durante el acopio o manipulación, deberá suministrarse el material en dos o más tamaños separados. De ser necesario mezclar dos o más agregados gruesos, el mezclado deberá efectuarse en tolvas separadas y en los alimentadores en frío y no en el acopio.



## **Agregados Finos**

El agregado fino al ser ensayado según el método ASTM C-88, Durabilidad, con sulfato de sodio, la pérdida deberá ser menor a 15%; asimismo, la absorción de agua será menor de 1% (ASTM D-128).

El equivalente de arena según ASTM, será como mínimo de 40% para su empleo en capas de base y 50% para su empleo en capas superficiales.

El índice de plasticidad del material que pasa la malla #200, será menor de 4.

Si el agregado fino tiene una variación mayor a +/- 0.25 del módulo de fineza del material representativo, será rechazado.

Estos agregados se compondrán de partículas limpias, resistentes, duraderas, compactas, de superficie rugosa y moderadamente angulares carentes de grumo de arcilla u otros aglomerados de material fino. Los acopios destinados a capas de superficie deberán estar cubiertos para prevenir una posible contaminación.

No se utilizarán en capas de superficie agregados con tendencia a pulimentarse por acción del tráfico.

Cuando sea necesario mezclar dos o más agregados finos, el mezclado deberá hacerse a través de tolvas separadas y en los alimentadores en frío y no en el acopio.

## **Filler**

El material de relleno de vacíos o filler cumplirá con los siguientes requerimientos mínimos de granulometría:



Tabla 30: Requisitos de granulometría para material de relleno de vacíos

Nº DE MALLA	PORCENTAJE EN PESO SECO QUE PASA
30	100
80	95 -100
200	65 -100

Fuente: EG-2000

La fracción del "Filler" y de los agregados que pase la malla Nº 200 que se denomina polvo mineral, estará compuesto de polvo calcáreo, polvo de roca, polvo de escoria, cemento Pórtland, cal hidratada que cumpla la Norma AASHTO M-303.

Estos materiales deberán carecer de materias extrañas y objetables, estarán perfectamente secos para poder fluir libremente y no contendrán grumos.

### **CARACTERÍSTICAS FISICO – MECANICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**

Las características físico-mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente para tráfico mediano empleando el método ASTM D-1559 Resistencia al flujo plástico de mezclas bituminosas usando el aparato MARSHALL y los del Instituto del asfalto U.S.A., serán las señaladas a continuación.



Tabla 31: Características físico-mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente.

REQUISITOS DE LA MEZCLA ASFALTICA	MINIMO	MAXIMO
Número de Golpes en cada lado del Espécimen	75	75
Estabilidad (Kilos)	815	
Flujo (0.25 mm) (0.01 pulgadas)	8	16
Porcentaje de Vacíos de aire	3	5
Sand Sheet o Stone Sheet	3	5
Arena Asfalto	5	8
Estabilidad Retenida, 24 horas a 60° C en agua	75	
Índice de compactibilidad	5	
Estabilidad / Flujo	1700	3000

Fuente: EG-2000

Las mezclas con valores de estabilidad muy altos y valores de flujo muy bajos, no son adecuadas.

Para la capa de superficie se deberán cumplir los requisitos de adherencia que se indican.

Al ser ensayados los agregados gruesos por el método de ensayo ASTM D-1664 Revestimiento y Desprendimiento en mezclas de agregados-asfalto, deberá tener en cuenta un porcentaje retenido mayor a 95%.

En caso de que los resultados del ensayo antes indicado no cumplieran con los requisitos indicados se prescribe el uso de Filler (Cemento Pórtland o cal Hidratada), en las proporciones apropiadas de manera que se cumplan los requisitos.





## COMPACTACIÓN

La compactación será aprobada por el Supervisor, empleando cualquiera de los siguientes métodos descritos a continuación, donde:

Di : Pesos unitarios individuales obtenidos en el área compactada de la producción diaria.

DC : Promedio de cinco (5) valores de Di.

DM : Promedio de los pesos unitarios del control de producción de planta (método MARSHALL).

MDT: Máxima gravedad específica teórica (ASTM D-2041).

Empleando equipos nucleares o testigos extraídos con perforadora diamantina de la mezcla compactada, se debe cumplir:

$$DC \geq 98\% DM$$

$$Di \geq 97\% DM$$

Obteniéndose la Máxima Gravedad Específica (ASTM D-2041), en cada punto donde se obtendrá el peso unitario de la mezcla asfáltica compactada, se debe cumplir en cada estación.

$$\text{CAPA DE SUPERFICIE} : 3 \leq (MDT-Di) / MDT \leq 5$$

$$\text{CAPA DE BASE} : 3 \leq (MDT-Di) / MDT \leq 8$$

Los controles de compactación de Mezcla Asfáltica deben efectuarse cada 500 m. (se entiende que un control está constituido al menos de 03 testigos)



## REQUISITOS DE ESPESOR Y PESO

Cuando los planos y las especificaciones especiales indiquen el espesor de un pavimento o de una base, la obra terminada no podrá variar del espesor indicado en  $\pm 0.5$  cm para bases y  $\pm 0.3$  cm para superficies. Excepto que, en el caso de la restauración de pavimentos existentes, se deberá admitir una tolerancia suficiente, por las irregularidades de dicho pavimento existente pueda acusar. Se efectuará mediciones del espesor en suficiente número, antes y después de compactar, para establecer la relación de los espesores del material sin compactar y compactar; luego el espesor será controlado, midiendo el material sin compactar que se encuentre inmediatamente detrás de la pavimentadora.

### 3.5.2. DISEÑO DE PAVIMENTOS

El expediente técnico abarca el diseño del pavimento del tramo en estudio en base a la guía AASHTO 93.

#### Variables de diseño:

- CBR diseño (subrasante): 19.84
- Mr (PSI): 17288.44
- Inicio del año de operación: 2017
- Periodo de diseño: 11 años
- EE (ejes equivalentes): 4.59 E+07
- PSI final: 2.5
- So (desviación estándar): 0.42

### Estructura del pavimento:

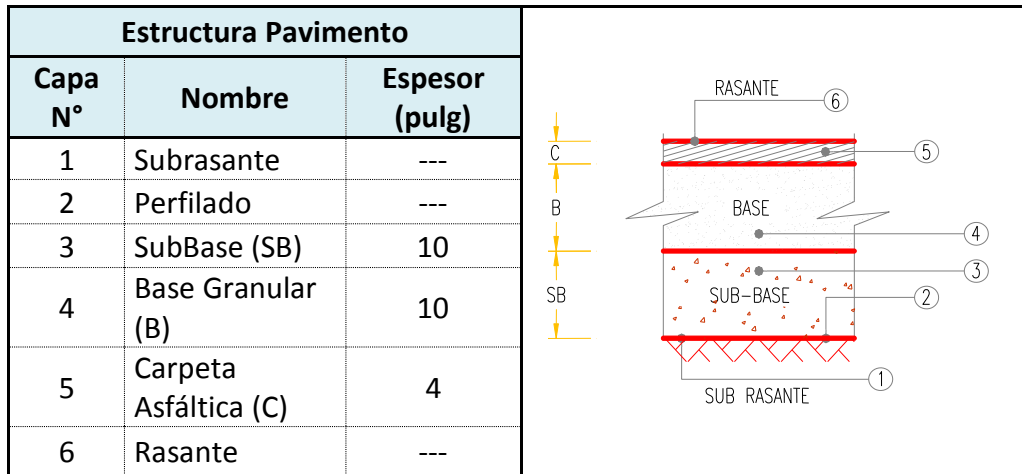


Figura 31: Estructura del pavimento.

Fuente: Elaboración propia

Los coeficientes de aporte estructural de las capas de mezcla asfáltica, base, sub base y relleno empleados son correspondientes con la calidad de los materiales definidos en el estudio de canteras.

En el diseño de espesores se ha definido la colocación de mezcla asfáltica en caliente como superficie de rodadura, en dicha mezcla se considera el empleo cemento asfáltico PEN 60-70, de acuerdo a la temperatura media anual.

Para el presente proyecto, teniendo en cuenta las características técnicas se define el recubrimiento de las bermas con mezcla asfáltica en caliente (MAC).

### 3.7. OBRAS DE ARTE

La evaluación con respecto a las obras de arte se realizó mediante inspección de campo, forma visual.

Cabe indicar que no se ha realizado una evaluación del concreto ni de las características hidráulicas debido a que el presente trabajo ha tomado como prioridad la evaluación del pavimento y su estructura, y de manera



complementaria el drenaje transversal ya que su deficiente funcionamiento afectaría a la carretera siendo de esta manera un factor determinante en el comportamiento de la estructura del pavimento a lo largo de su vida útil.

### **Evaluación de campo**

La evaluación de campo, ha consistido en un reconocimiento de los problemas de drenaje que presenta el trazo de la autopista que va paralela a la Panamericana Norte, observándose estructuras como alcantarillas y sifones que sirven para el riego de la zona.



# **CAPITULO IV:**

# **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN**

# **DE RESULTADOS**



#### 4.1. RESULTADOS:

##### 4.1.1. ENSAYOS DE LABORATORIO

De acuerdo a los ensayos de Mecánica de Suelos y Pavimentos realizados en la base, sub base, y carpeta asfáltica de la carretera Panamericana Norte entre las progresivas Km 155+000 al Km 160+000, se obtuvo los siguientes valores:

##### A) Sub Base

Tabla 32: Resumen General Propiedades Físico - Mecánicas De Material de Sub Base en Pista.

MUESTRA		DATOS DE LA MUESTRA		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO % QUE PASA										HUM.	PORCENTAJES			LÍMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACIÓN		PROCTOR		C.B.R A 0.1"		EQUIV. DE ARENA	ABRASIÓN
DEL KM	AL KM	PROCEDENCIA	CANTERA	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº10	Nº 40	Nº 200	(%)	GRAVA %	ARENA %	FINO %	L.L.	L.P.	I.P.	AASHTO	SUCS	MDS (gr/cm3)	OCH (%)	AL 95%	AL 100%	%	%
155+000	155+500	Pista	San Francisco	100.0	95.9	84.3	77.2	65.7	60.1	45.0	31.3	24.9	6.5	6.2	55.1	38.5	6.5	16.7	N.P.	N.P.	A-1-a (0)	GW - GM	2.316	6.30	77.0	106.7	69.0	16.7
156+500	157+000	Pista	San Francisco	100.0	95.1	84.9	77.5	69.0	61.8	46.7	36.2	24.6	6.3	4.2	53.4	40.3	6.3	16.6	N.P.	N.P.	A-1-a (0)	GP - GM	2.322	5.03	58.0	86.7	72.0	14.1
157+500	158+000	Pista	San Francisco	100.0	97.2	83.6	75.3	64.9	58.0	40.8	31.7	23.7	6.3	6.6	59.2	34.5	6.3	16.6	N.P.	N.P.	A-1-a (0)	GW - GM	2.307	6.29	63.0	93.7		
158+500	159+000	Pista	San Francisco	100.0	96.0	84.1	77.4	65.7	58.7	44.7	33.3	24.6	5.5	2.9	55.3	39.2	5.5	16.9	N.P.	N.P.	A-1-a (0)	GW - GM	2.309	6.62	55.0	117.1		13.5
159+500	160+000	Pista	San Francisco	100.0	98.0	84.0	77.8	66.5	59.7	46.8	35.4	24.5	5.8	4.2	53.3	41.0	5.8	16.1	N.P.	N.P.	A-1-a (0)	GW - GM	2.305	6.00	61.8	105.5	70.0	

Fuente: Elaboración propia

##### B) Base

Tabla 33: Resumen General Propiedades Físico - Mecánicas De Material de Base en Pista.

CANTERA	DATOS DE LA MUESTRA			ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO % QUE PASA										HUM.	PORCENTAJES			LÍMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACIÓN		PROCTOR		C.B.R A 0.1"		EQUIV. DE ARENA	ABRASIÓN	PARTICULAS CHATAS	1 A MAS CARAS FRACTURAS	2 A MAS CARAS FRACTURAS
DENOMINACIÓN	DEL KM	AL KM	MUESTRA	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº10	Nº 40	Nº 200	(%)	GRAVA %	ARENA %	FINO %	L.L.	L.P.	I.P.	AASHTO	SUCS	MDS (gr/cm3)	OCH (%)	AL 95%	AL 100%	%	%	%	%	%
San Francisco	158+500	159+000	Pista	100.0	95.8	85.5	78.3	68.2	62.3	49.2	35.8	24.4	5.3	6.3	50.8	43.9	5.3	15.4	N.P.	N.P.	A-1-a (0)	GP - GM	2.321	6.58	76.0	108.8	78.0		8.5	88.0	75.7
San Francisco	156+500	157+000	Pista	100.0	96.2	83.3	75.7	63.2	55.6	42.3	31.5	22.6	5.3	6.3	57.7	37.0	5.3	16.4	N.P.	N.P.	A-1-a (0)	GW - GM	2.324	6.30	78.0	106.1			8.8	87.3	73.6
San Francisco	155+000	155+500	Pista	100.0	96.0	86.3	79.2	68.8	62.4	46.6	35.1	25.9	5.3	5.9	53.4	41.2	5.3	16.0	N.P.	N.P.	A-1-a (0)	GP - GM	2.323	6.49	92.4	108.1	70.0		8.4	90.7	80.9
San Francisco	157+500	158+000	Pista	100.0	96.9	84.6	77.0	65.6	59.6	45.0	35.4	26.1	5.5	6.1	55.0	39.6	5.5	16.1	N.P.	N.P.	A-1-a (0)	GP - GM	2.328	6.79	85.0	109.9	71.0		8.0	85.3	76.3
San Francisco	159+500	160+000	Pista	100.0	96.9	89.5	83.3	72.1	65.0	48.3	35.9	27.0	5.6	6.1	51.7	42.7	5.6	15.4	N.P.	N.P.	A-1-a (0)	GP - GM	2.330	6.45	74.3	108.0			9.3	85.1	71.0

Fuente: Elaboración propia

##### C) Mezcla Asfáltica en Caliente

Tabla 34: Resumen General de Ensayos Marshall (Mezcla Asfáltica en caliente en planta).

Fecha	Tramo Asfaltado		Carril	Capa	Muestra	C.A. (%)	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO								Peso Esp. Bulk (gr/cc)	M.D.T. ASTM 2041 (gr/cc)	Vacíos (%)	V.M.A. (%)	V.F.A. (%)	Estabilidad (kg)	Flujo (mm)	E/F (kg/cm)
	Inicio	Final					3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 30	Nº 50	Nº 200								
27/12/2016	155+783	156+465	Derecho	1°	Planta	5.36	100	93.2	85.9	57.3	39.8	19.2	12.1	5.1	2.380	2.472	3.7	15.6	76.1	1265	3.25	3892
27/12/2016	156+785	157+455	Izquierdo	1°	Planta	5.29	100	95.0	80.3	57.4	41.4	19.7	13.0	5.7	2.378	2.472	3.8	15.6	75.7	1262	3.33	3790
28/12/2016	157+787	158+450	Derecho	2°	Planta	5.30	100	92.7	79.1	58.8	42.4	20.3	13.5	6.3	2.376	2.472	3.9	15.7	75.2	1265	3.25	3892
28/12/2016	158+790	159+900	Izquierdo	2°	Planta	5.31	100	93.1	77.8	56.2	41.5	19.5	12.9	5.8	2.380	2.472	3.7	15.6	76.2	1311	3.42	3839

Fuente: Elaboración propia



## 4.1.2. DISEÑO DEL PAVIMENTO

### Parámetros de diseño

#### Tráfico

#### Tráfico de proyecto:

En el expediente técnico del proyecto indica lo siguiente:

Tabla 35: ESAL por periodo de diseño según carga por reglamento vehicular.

PERIODO	Tramo de evaluación (Km 155+000 - Km 160+000)
2017 - 2022	1.64E+07
2017 - 2027 Esal 0 - 11 años	4.15E+07

Fuente: Elaboración Propia

Se halla para el tramo en mención de esta investigación (Tramo Huacho-Huaura, progresivas Km 155+000 – 160+000) un ESAL de 4.15E+07

#### **Tráfico calculado:**

Para el cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2tn, se usará la siguiente expresión por tipo de vehículo. El resultado final será la sumatoria de los tipos de vehículos considerados:

$$N_{\text{rep de EE}_{8.2\text{tn}}} = \sum [EE_{\text{día-carril}} \times 365 \times ((1+t)^n - 1)] / t$$



Factor direccional = 0.5, corresponde a carreteras de dos direcciones por calzada (recomendable)

Factor carril = 0.8, corresponde a un carril por dirección o sentido

A continuación se adjunta el cuadro resumen del ESAL calculado por los tesisistas:

Tabla 36: ESAL calculado.

PERIODO	Tramo de evaluación (Km 155+000 - Km 160+000)
2017-2027 Esal 0-11 años	4.28E+07

*Fuente: Elaboración propia*





Tabla 37: Memoria de cálculo de ESAL.

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	FD	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Auto	2519	2632	2750	2874	3003	3139	3280	3427	3582	3743	3911	4087	0.010	3.68E+03	3.84E+03	4.02E+03	4.20E+03	4.38E+03	4.58E+03	4.79E+03	5.00E+03	5.23E+03	5.46E+03	5.71E+03	5.97E+03
pick up	1106	1156	1208	1262	1319	1378	1440	1505	1573	1643	1717	1795	0.030	4.84E+03	5.06E+03	5.29E+03	5.53E+03	5.78E+03	6.04E+03	6.31E+03	6.59E+03	6.89E+03	7.20E+03	7.52E+03	7.86E+03
C. Rural	429	448	469	490	512	535	559	584	610	638	666	696	0.030	1.88E+03	1.96E+03	2.05E+03	2.14E+03	2.24E+03	2.34E+03	2.45E+03	2.56E+03	2.67E+03	2.79E+03	2.92E+03	3.05E+03
Micro M3	32	33	35	36	38	40	42	43	45	47	50	52	0.030	1.40E+02	1.46E+02	1.53E+02	1.60E+02	1.67E+02	1.74E+02	1.82E+02	1.90E+02	1.99E+02	2.08E+02	2.17E+02	2.27E+02
B2	145	151	158	165	173	181	189	197	206	215	225	235	4.236	8.96E+04	9.37E+04	9.79E+04	1.02E+05	1.07E+05	1.12E+05	1.17E+05	1.22E+05	1.27E+05	1.33E+05	1.39E+05	1.45E+05
B3	542	566	592	619	646	675	706	738	771	806	842	880	3.966	3.14E+05	3.28E+05	3.43E+05	3.58E+05	3.74E+05	3.91E+05	4.09E+05	4.27E+05	4.46E+05	4.66E+05	4.87E+05	5.09E+05
B4	187	196	204	214	223	233	244	255	266	278	291	304	2.709	7.40E+04	7.73E+04	8.08E+04	8.45E+04	8.83E+04	9.22E+04	9.64E+04	1.01E+05	1.05E+05	1.10E+05	1.15E+05	1.20E+05
C2	953	996	1041	1087	1136	1187	1241	1297	1355	1416	1480	1546	2.502	3.48E+05	3.64E+05	3.80E+05	3.97E+05	4.15E+05	4.34E+05	4.53E+05	4.74E+05	4.95E+05	5.17E+05	5.41E+05	5.65E+05
C3	488	510	533	557	582	609	636	665	695	726	758	793	4.079	2.91E+05	3.04E+05	3.18E+05	3.32E+05	3.47E+05	3.62E+05	3.79E+05	3.96E+05	4.14E+05	4.32E+05	4.52E+05	4.72E+05
C4	107	112	117	122	128	134	140	146	153	159	167	174	5.317	8.33E+04	8.70E+04	9.09E+04	9.50E+04	9.93E+04	1.04E+05	1.08E+05	1.13E+05	1.18E+05	1.24E+05	1.29E+05	1.35E+05
8X4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.041	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
T2S1	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	7.742	9.03E+03	9.44E+03	9.86E+03	1.03E+04	1.08E+04	1.13E+04	1.18E+04	1.23E+04	1.28E+04	1.34E+04	1.40E+04	1.47E+04
T2S2	35	37	39	40	42	44	46	48	50	53	55	57	2.325	1.20E+04	1.25E+04	1.31E+04	1.37E+04	1.43E+04	1.50E+04	1.56E+04	1.63E+04	1.71E+04	1.78E+04	1.86E+04	1.95E+04
T2S3	23	24	25	26	27	28	30	31	32	34	35	37	8.162	2.72E+04	2.84E+04	2.97E+04	3.10E+04	3.24E+04	3.39E+04	3.54E+04	3.70E+04	3.87E+04	4.04E+04	4.22E+04	4.41E+04
T3S1	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	9	9	2.427	2.02E+03	2.11E+03	2.21E+03	2.31E+03	2.41E+03	2.52E+03	2.63E+03	2.75E+03	2.88E+03	3.01E+03	3.14E+03	3.28E+03
T3S2	215	224	234	245	256	267	279	292	305	319	333	348	4.076	1.28E+05	1.33E+05	1.39E+05	1.46E+05	1.52E+05	1.59E+05	1.66E+05	1.74E+05	1.82E+05	1.90E+05	1.98E+05	2.07E+05
T3S3	1670	1745	1823	1905	1991	2081	2174	2272	2374	2481	2593	2709	5.071	1.24E+06	1.29E+06	1.35E+06	1.41E+06	1.47E+06	1.54E+06	1.61E+06	1.68E+06	1.76E+06	1.84E+06	1.92E+06	2.01E+06
T3S4	19	20	21	22	23	24	25	26	28	29	30	31	5.071	1.44E+04	1.50E+04	1.57E+04	1.64E+04	1.71E+04	1.79E+04	1.87E+04	1.95E+04	2.04E+04	2.13E+04	2.23E+04	2.33E+04
C2R2	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	5.861	6.84E+03	7.14E+03	7.46E+03	7.80E+03	8.15E+03	8.52E+03	8.90E+03	9.30E+03	9.72E+03	1.02E+04	1.06E+04	1.11E+04
C2R3	8	8	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	9.816	1.14E+04	1.20E+04	1.25E+04	1.31E+04	1.37E+04	1.43E+04	1.49E+04	1.56E+04	1.63E+04	1.70E+04	1.78E+04	1.86E+04
C3R2	51	54	56	59	61	64	67	70	73	76	80	83	9.078	6.81E+04	7.11E+04	7.43E+04	7.77E+04	8.12E+04	8.48E+04	8.86E+04	9.26E+04	9.68E+04	1.01E+05	1.06E+05	1.10E+05
C3R3	38	39	41	43	45	47	49	51	54	56	58	61	6.665	3.66E+04	3.83E+04	4.00E+04	4.18E+04	4.37E+04	4.57E+04	4.77E+04	4.99E+04	5.21E+04	5.45E+04	5.69E+04	5.95E+04
C3R4	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	7.486	3.74E+03	3.91E+03	4.09E+03	4.27E+03	4.46E+03	4.66E+03	4.87E+03	5.09E+03	5.32E+03	5.56E+03	5.81E+03	6.07E+03
C4R2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	8.742	1.46E+03	1.52E+03	1.59E+03	1.66E+03	1.74E+03	1.82E+03	1.90E+03	1.98E+03	2.07E+03	2.16E+03	2.26E+03	2.36E+03
													Por año	2.77E+06	2.89E+06	3.02E+06	3.16E+06	3.30E+06	3.45E+06	3.60E+06	3.77E+06	3.93E+06	4.11E+06	4.30E+06	4.49E+06
													Acumulado	1.04E+07	1.33E+07	1.63E+07	1.94E+07	2.27E+07	2.62E+07	2.98E+07	3.36E+07	3.75E+07	4.16E+07	4.59E+07	5.04E+07

Fuente: Elaboración propia



## Características del suelo y los materiales

Según proyecto:

Tabla 38: Características del suelo y materiales según proyecto.

CBR diseño	Mr (Psi)
19.84	17380.01

Fuente: *Elaboración propia*

Según cálculos:

Tabla 39: Características del suelo y materiales según cálculos.

Progresiva	Calicata	Muestra	Lado	Profundidad	L.L.	I.P.	%	SUCS	AASHTO	M.D.S	O.C.H	CBR 0.1" 95%
Km. 155+000	C-1	M-1	EJE	0 - 1.5 m.	22.5	9.5	9.6	CL	A-4(3)	1.994	13.7	5.6
Km. 156+000	C-2	M-2	EJE	0.8 - 1.5 m.	15.3	3	2.6	GM	A-1-b(0)	2.262	7.1	24.8
Km. 157+000	C-3	M-2	EJE	0.6 - 1.5 m.	NP	NP	6.1	GM	A-1-b(0)	2.147	8.2	25.8
Km. 158+000	C-4	M-1	EJE	0 - 1.5 m.	NP	NP	2.2	GM	A-1-b(0)	2.284	6	28.2
Km. 159+000	C-5	M-1	EJE	0 - 1.5 m.	NP	NP	1.2	SP	A-1-b(1)	2.222	7.5	21.7
Km. 160+000	C-6	M-1	EJE	0 - 1.5 m.	NP	NP	14.7	SM	A-2-4(0)	1.917	10.8	15.4

Fuente: *Elaboración propia*

Entonces, el promedio de CBR de diseño es de 30.20. A continuación, se calculará el Módulo resiliente mediante la relación de la guía AASHTO 2002 el cual se indica continuación:

$$Mr(\text{psi}) = 2555 \times \text{CBR}^{0.64}$$

$$Mr(\text{psi}) = 2555 \times 30.20^{0.64}$$

$$Mr(\text{psi}) = 22625.35$$

Definiéndose los siguientes valores a partir de los cálculos:

Tabla 40: Resultados de cálculo de las características del suelo y materiales.

CBR diseño	Mr (Psi)
30.20	22625.35

Fuente: *Elaboración propia*



### **Condiciones de drenaje:**

#### **Según proyecto:**

Se adoptó como coeficiente de Drenaje igual a 1.20 tanto para base granular como para la sub base granular. (Tabla 25 – marco teórico)

#### **Según cálculos:**

Se empleará este mismo valor para la estructura del pavimento. (Tabla 25 – marco teórico)

### **Confiabilidad:**

#### **Según proyecto:**

La confiabilidad considerada en el diseño es de 95%, con su respectiva Desviación Estándar Normal. (tabla 22 y tabla 23 – marco teórico)

#### **Según cálculos:**

Se emplearán estos mismos valores para la estructura del pavimento. (tabla 22 y tabla 23 – marco teórico)

### **Desviación Estándar:**

#### **Desviación Estándar Total (S<sub>0</sub>)**

Es la desviación estándar de la población de valores obtenidos por AASHTO, varía de 0.40 a 0.50 para pavimentos flexibles.



### **Según proyecto:**

Para este diseño se ha considerado 0.42.

### **Según cálculos:**

Se empleará este mismo valor para la estructura del pavimento

### **Serviciabilidad:**

La serviciabilidad es un parámetro que relaciona la condición funcional con la condición estructural de la vía. El Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), varía de 0 (carretera imposible) hasta 5 (carretera perfecta).

### **Según proyecto:**

Para el presente diseño se emplearon los siguientes valores:

Serviciabilidad inicial= 4.2

Serviciabilidad final = 2.5

$\Delta=1.70$

### **Según cálculos:**

Se emplearán estos mismos valores para la estructura del pavimento.

### **Período de diseño:**

El período de diseño empleado para el cálculo de la estructura del pavimento es de 11 años.



**Nota:**

Con los parámetros antes encontrados se procedió a aplicar un programa en Excel, llegándose a determinar la estructura de la carretera panamericana

Norte como sigue:

Sub base = 25 cm

Base = 25 cm

Carpeta de Rodadura = 10 cm

(En los Anexos se presenta el cuadro)



### 4.1.3. OBRAS DE ARTE

El tramo en estudio comprende 19 obras de arte menores, de las cuales 16 son alcantarillas, tipo marco de diferentes dimensiones 1.0m x 1.0 m, 1.5m x 1.0 m, 1.5m x 1.5 m., tipo losa de 3.0m x 2.0 m con estribos macizos de concreto ciclópeo y 1 alcantarilla tipo Tubería Metálica Corrugada de 36", así como también 3 sifones invertidos de variadas dimensiones que dependen del caudal de diseño y pendiente de rasante del canal entre otros parámetros.

La función que cumplen estas estructuras es la de conducir las aguas de riego procedentes tanto de canales, como de los excedentes de riego.

A continuación se muestra la lista de obras de drenaje correspondientes al tramo en estudio:

Tabla 41: Relación de alcantarillas existentes.

ITEM	PROGRESIVA	TIPO	DIMENSIONES	
			ANCHO x ALTURA	DIÁMETRO
1	KM 155+082.89	MC	1.50 x 1.00	
2	KM 155+101.98	MC	1.50 x 1.00	
3	KM 155+379.25	MC	1.50 x 1.00	
4	KM 155+630.32	MC	1.50 x 1.50	
5	KM 155+971.06	MC	1.50 x 1.50	
6	KM 156+180.00	MC	1.50 x 1.00	
7	KM 156+438.99	MC	1.00 x 1.00	
8	KM 157+019.82	MC	1.50 x 1.00	
9	KM 157+593.85	MC	1.50 x 1.50	
10	KM 157+937.51	MC	1.50 x 1.50	
11	KM 158+189.66	MC	1.50 x 1.00	
12	KM 158+527.94	MC	1.50 x 1.00	
13	KM 158+653.91	TMC		Ø36"
14	KM 158+689.96	MC	1.50 x 1.00	
15	KM 158+876.92	MC	1.50 x 1.00	
16	KM 159+098.83	MC	1.50 x 1.00	

MC= Marco de concreto

TMC=Tubería metálica corrugada

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 42: Relación de sifones existentes.

ITEM	PROGRESIVA	DIMENSIONES		
		DIAMETRO	ANCHO	ALTURA
1	KM 155+109.16	16", 2 OJOS		
2	KM 156+480.75	8", 2 OJOS		
3	KM 156+718.62		2	1.5

*Fuente: Elaboración propia.*

Como resultado del reconocimiento de campo se prepararon fichas que contienen el inventario de las obras de drenaje existentes, con información de las dimensiones geométricas y el estado de conservación de los componentes de las alcantarillas y sifones. En el anexo N°01 titulado "Inventariado de Obras de Arte", se presenta información detallada de cada una de las estructuras de drenaje pertenecientes al tramo en estudio.

## 4.2. DISCUSIÓN

### 4.2.1. DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

Una vez realizados los estudios de mecánica de suelos al material empleado para la construcción de la base, sub base y mezcla asfáltica en caliente, sus resultados fueron cotejados con los rangos o parámetros establecidos en la norma EG-2013.

#### 4.2.1.1. SUB BASE GRANULAR

En los siguientes cuadros se muestran comparaciones de los resultados de los ensayos de la sub base granular con los parámetros de calidad estipulados en la norma EG-2013.



Tabla 43: Resumen de las características del material de Sub-base granular, progresivas 155+000 - 155+500.

Ítem	Ensayos	Requerimientos mínimos MTC	Resultados Ensayos	Cumple Sí / No
1	Límite líquido	25% máx.	16,7	Sí
2	Índice plástico	6% máx.	N.P.	Sí
3	Equivalente arena	25% mín.	69,0	Sí
4	CBR	40% mín.	106,7	Sí
5	Abrasión	50% máx.	16,7	Sí

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44: Resumen de las características del material de Sub-base granular, progresivas 156+500 - 157+000.

Ítem	Ensayos	Requerimientos mínimos MTC	Resultados Ensayos	Cumple Sí / No
1	Límite líquido	25% máx.	16,6	Sí
2	Índice plástico	6% máx.	N.P.	Sí
3	Equivalente arena	25% mín.	72	Sí
4	CBR	40% mín.	86,7	Sí
5	Abrasión	50% máx.	14,1	Sí

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45: Resumen de las características del material de Sub-base granular, progresivas 157+500 - 158+000.

Ítem	Ensayos	Requerimientos mínimos MTC	Resultados Ensayos	Cumple Sí / No
1	Límite líquido	25% máx.	16,9	Sí
2	Índice plástico	6% máx.	N.P.	Sí
3	Equivalente arena	25% mín.	72,0	Sí
4	CBR	40% mín.	103,4	Sí
5	Abrasión	50% máx.	-	Sí

Fuente: Elaboración propia





Tabla 46: Resumen de las características del material de Sub-base granular, progresivas 158+500 - 159+000.

Ítem	Ensayos	Requerimientos mínimos MTC	Resultados Ensayos	Cumple Sí / No
1	Límite líquido	25% máx.	16,9	Sí
2	Índice plástico	6% máx.	N.P.	Sí
3	Equivalente arena	25% mín.	-	Sí
4	CBR	40% mín.	117,1	Sí
5	Abrasión	50% máx.	13,5	Sí

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47: Resumen de las características del material de Sub-base granular, progresivas 159+500 - 160+000.

Ítem	Ensayos	Requerimientos mínimos MTC	Resultados Ensayos	Cumple Sí / No
1	Límite líquido	25% máx.	16,1	Sí
2	Índice plástico	6% máx.	N.P.	Sí
3	Equivalente arena	25% mín.	70,0	Sí
4	CBR	40% mín.	105,5	No
5	Abrasión	50% máx.	-	Sí

Fuente: Elaboración propia

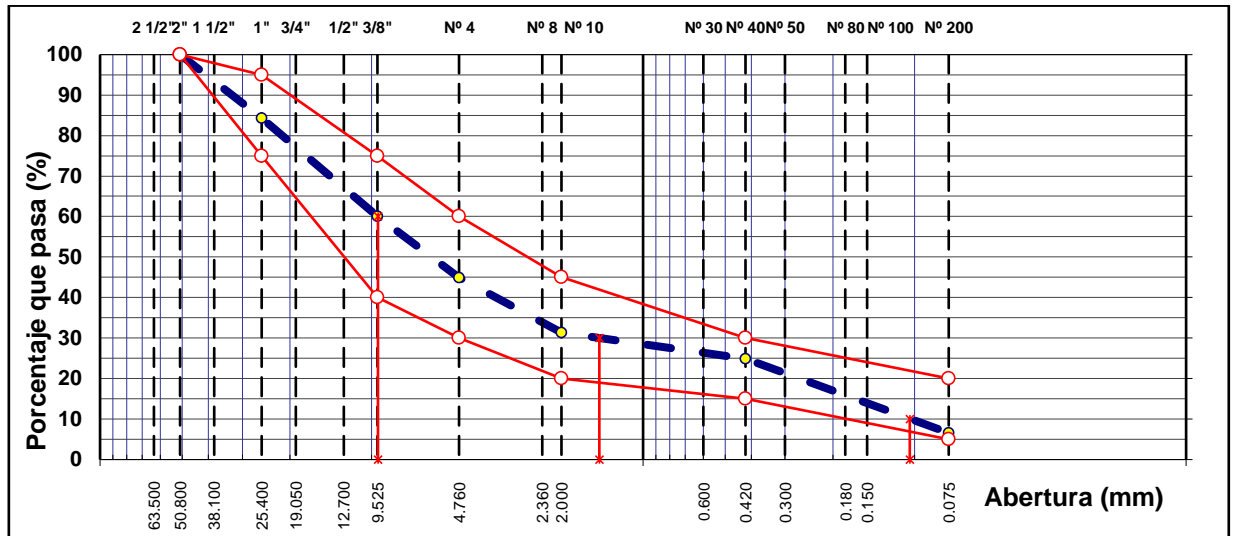
El material de sub base procedente de la cantera San francisco cumple las especificaciones técnicas del Manual de Carreteras EG-2013.

### **Comparación de las curvas granulométricas del material de Sub Base con las especificaciones técnicas de la norma EG-2013 y ASTM D3515.**

En los gráficos a continuación, se indican la distribución granulométrica de los ensayos realizados (representados por la curva de color azul) y su comparación con las de los parámetros de las Especificaciones Técnicas Generales EG-2013 (representadas por las curvas de color rojo).

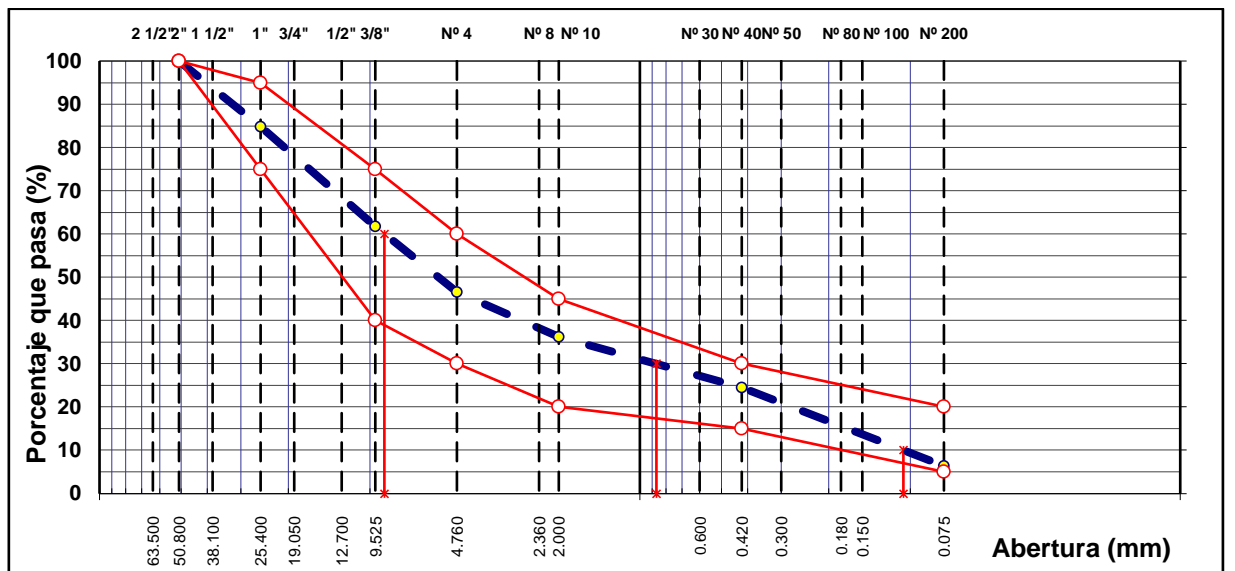
### a) Sub Base

Figura 32: Curva de Distribución Granulométrica de material de Sub Base (Km 155+000-155+500).



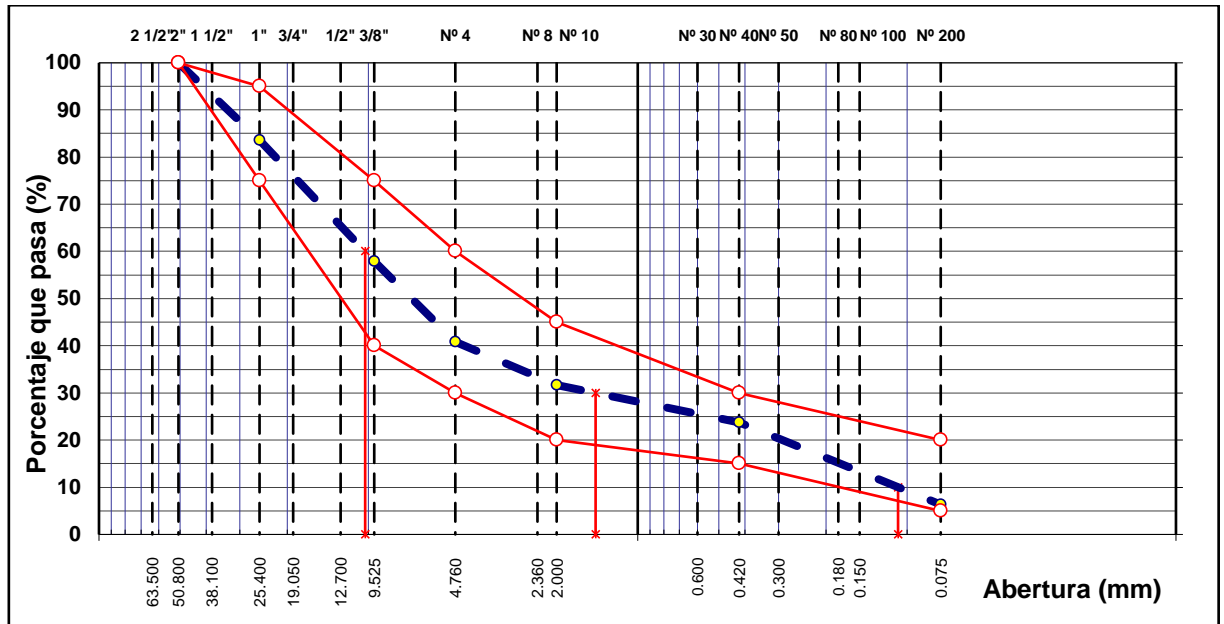
Fuente: Elaboración propia

Figura 33: Curva de Distribución Granulométrica de material de Sub Base (Km 156+500-157+000).



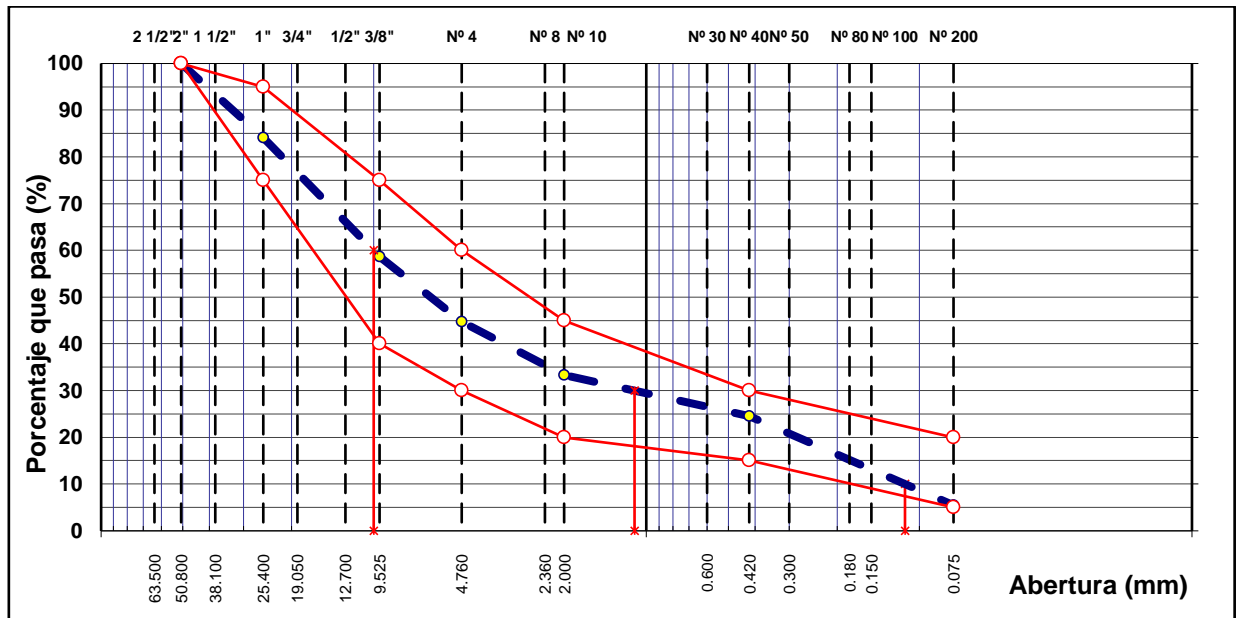
Fuente: Elaboración propia

Figura 34: Curva de Distribución Granulométrica de material de Sub Base (Km 157+500-158+000).



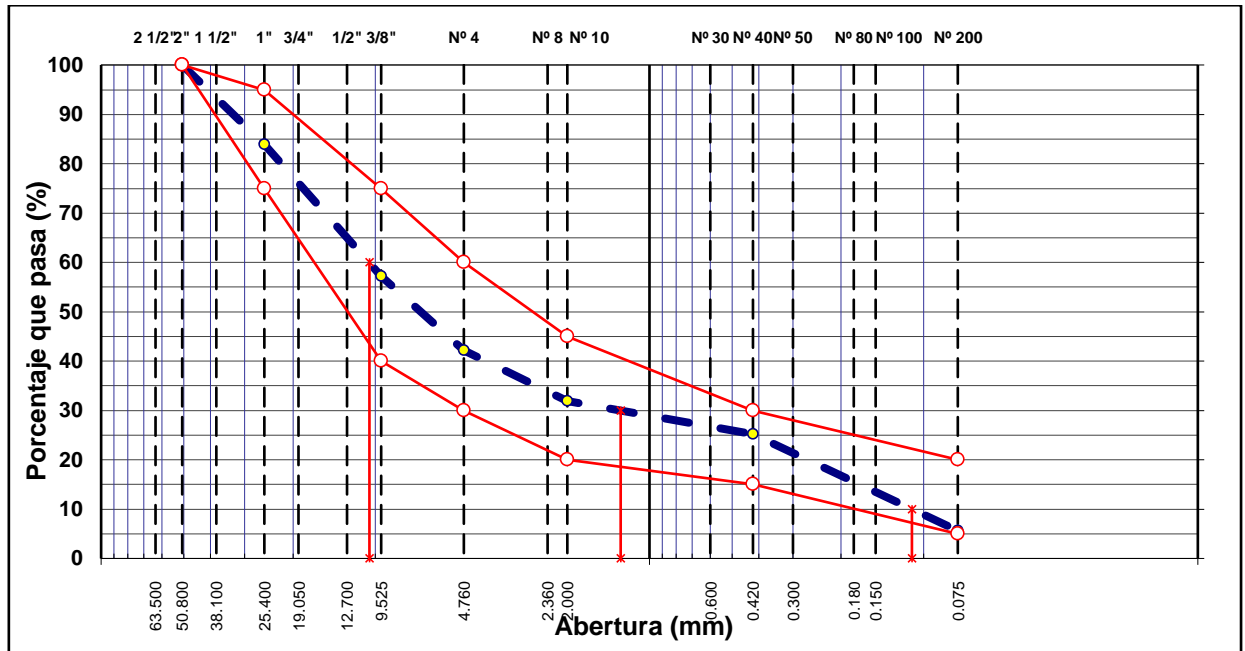
Fuente: Elaboración propia

Figura 35: Curva de Distribución Granulométrica de material de Sub Base (Km 158+500-159+000).



Fuente: Elaboración propia

Figura 36: Curva de Distribución Granulométrica de material de Sub Base (Km 159+500-160+000).



Fuente: Elaboración propia

Según las gráficas se aprecia que los materiales tienen una distribución granulométrica acorde ya que son paralelas a las curvas estándares de la norma EG – 2013.

### A) Discusión de los resultados de los ensayos de Sub base

#### Ensayos de las progresivas Km 155+000 – Km 155+500

**Límite Líquido:** El resultado del ensayo nos entregó un valor de 16,7%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 25% como máximo, esto nos quiere decir que mientras no exceda del 25% no tendremos problemas de asentamientos del suelo.



**Índice Plástico:** No presenta, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 6% como máximo, esto nos indica que no tendremos problemas ni de asentamientos ni de hinchamientos.

**Equivalente de arena:** El resultado del ensayo nos entregó un valor de 69%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 25% como mínimo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor del 25% no habrá problemas de contaminación con limo o arcillas.

**CBR:** El resultado del ensayo nos entregó un valor de 106,7%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 40% como mínimo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor del 40% tendremos un suelo con una buena capacidad de soporte.

**Abrasión:** El resultado del ensayo nos entregó un valor de 16,7%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 50% como máximo, esto nos quiere decir que mientras este valor no sobrepase ese 50% el desgaste de los agregados está dentro de los límites permitidos y será más resistente a los efectos de abrasión, impacto y fricción.

### **Ensayos de las progresivas Km 156+500 – Km 157+000**

**Límite Líquido:** El resultado del ensayo nos entregó un valor de 16,6%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 25% como máximo, esto nos quiere decir que mientras no exceda del 25% no tendremos problemas de asentamientos del suelo.



**Índice Plástico:** No presenta, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 6% como máximo, esto nos indica que no tendremos problemas ni de asentamientos ni de hinchamientos.

**Equivalente de arena:** El resultado del ensayo nos entregó un valor de 72%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 25% como mínimo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor del 25% no habrá problemas de contaminación con limo o arcillas.

**CBR:** El resultado del ensayo nos entregó un valor de 86,7%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 40% como mínimo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor del 40% tendremos un suelo con una buena capacidad de soporte.

**Abrasión:** El resultado del ensayo nos entregó un valor de 14,1%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 50% como máximo, esto nos quiere decir que mientras este valor no sobrepase ese 50% el desgaste de los agregados está dentro de los límites permitidos y será más resistente a los efectos de abrasión, impacto y fricción.

### **Ensayos de las progresivas Km 157+500 – Km 158+000**

**Límite Líquido:** El resultado del ensayo nos entregó un valor de 16,9%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 25% como máximo, esto nos quiere decir que mientras no exceda del 25% no tendremos problemas de asentamientos del suelo.

**Índice Plástico:** No presenta, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 6% como máximo, esto nos indica que no tendremos problemas ni de asentamientos ni de hinchamientos.



**Equivalente de arena:** El resultado del ensayo nos entregó un valor de 72%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 25% como mínimo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor del 25% no habrá problemas de contaminación con limo o arcillas.

**CBR:** El resultado del ensayo nos entregó un valor de 103,4%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 40% como mínimo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor del 40% tendremos un suelo con una buena capacidad de soporte.

### **Ensayos de las progresivas Km 158+500 – Km 159+000**

**Límite Líquido:** El resultado del ensayo nos entregó un valor de 16,4%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 25% como máximo, esto nos quiere decir que mientras no exceda del 25% no tendremos problemas de asentamientos del suelo.

**Índice Plástico:** No presenta, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 6% como máximo, esto nos indica que no tendremos problemas ni de asentamientos ni de hinchamientos.

**CBR:** El resultado del ensayo nos entregó un valor de 117,1%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 40% como mínimo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor del 40% tendremos un suelo con una buena capacidad de soporte.

**Abrasión:** El resultado del ensayo nos entregó un valor de 13,5%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 50% como máximo, esto nos quiere decir que mientras este valor no sobrepase ese 50% el desgaste de



los agregados está dentro de los límites permitidos y será más resistente a los efectos de abrasión, impacto y fricción.

### **Ensayos de las progresivas Km 159+500 – Km 160+000**

**Límite Líquido:** El resultado del ensayo nos entregó un valor de 16,1%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 25% como máximo, esto nos quiere decir que mientras no exceda del 25% no tendremos problemas de asentamientos del suelo.

**Índice Plástico:** No presenta, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 6% como máximo, esto nos indica que no tendremos problemas ni de asentamientos ni de hinchamientos.

**Equivalente de arena:** El resultado del ensayo nos entregó un valor de 70%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 25% como mínimo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor del 25% no habrá problemas de contaminación con limo o arcillas.

**CBR:** El resultado del ensayo nos entregó un valor de 105,5%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 40% como mínimo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor del 40% tendremos un suelo con una buena capacidad de soporte.

#### **4.2.1.2.BASE GRANULAR**

En los siguientes cuadros se muestran comparaciones de los resultados de los ensayos de la base granular con los parámetros de calidad estipulados en la norma EG-2013.





Tabla 48: Resumen de las características del material de Base granular, progresivas  
155+000 - 155+500.

Ítem	Ensayos	Requerimientos mínimos MTC	Resultados Ensayos	Cumple Sí / No
1	Índice plástico	4% máx.	N.P.	Sí
2	CBR	100% mín.	108.1	Sí
3	Equivalente arena	35% mín.	70,0	Sí
4	Partículas chatas	15% máx.	8,4	Sí
5	Partículas con 1 cara fracturada	80% mín.	90,7	Sí
6	Partículas con 2 cara fracturadas	40% mín.	80,9	Sí

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49: Resumen de las características del material de Base granular, progresivas  
156+500 - 157+000.

Ítem	Ensayos	Requerimientos mínimos MTC	Resultados Ensayos	Cumple Sí / No
1	Índice plástico	4% máx.	N.P.	Sí
2	CBR	100% mín.	106.1	Sí
3	Equivalente arena	35% mín.	-	Sí
4	Partículas chatas	15% máx.	8,8	Sí
5	Partículas con 1 cara fracturada	80% mín.	87,3	Sí
6	Partículas con 2 cara fracturadas	40% mín.	73,6	Sí

Fuente: Elaboración propia



Tabla 50: Resumen de las características del material de Base granular, progresivas  
157+500 - 158+000.

Ítem	Ensayos	Requerimientos mínimos MTC	Resultados Ensayos	Cumple Sí / No
1	Índice plástico	4% máx.	N.P.	Sí
2	CBR	100% mín.	109.9	Sí
3	Equivalente arena	35% mín.	71,0	Sí
4	Partículas chatas	15% máx.	8,0	Sí
5	Partículas con 1 cara fracturada	80% mín.	85,3	Sí
6	Partículas con 2 cara fracturadas	40% mín.	76,3	Sí

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51: Resumen de las características del material de Base granular, progresivas  
158+500 - 159+000.

Ítem	Ensayos	Requerimientos mínimos MTC	Resultados Ensayos	Cumple Sí / No
1	Índice plástico	4% máx.	N.P.	Sí
2	CBR	100% mín.	108.8	Sí
3	Equivalente arena	35% mín.	78,0	Sí
4	Partículas chatas	15% máx.	8,5	Sí
5	Partículas con 1 cara fracturada	80% mín.	88,0	Sí
6	Partículas con 2 cara fracturadas	40% mín.	75,7	Sí

Fuente: Elaboración propia

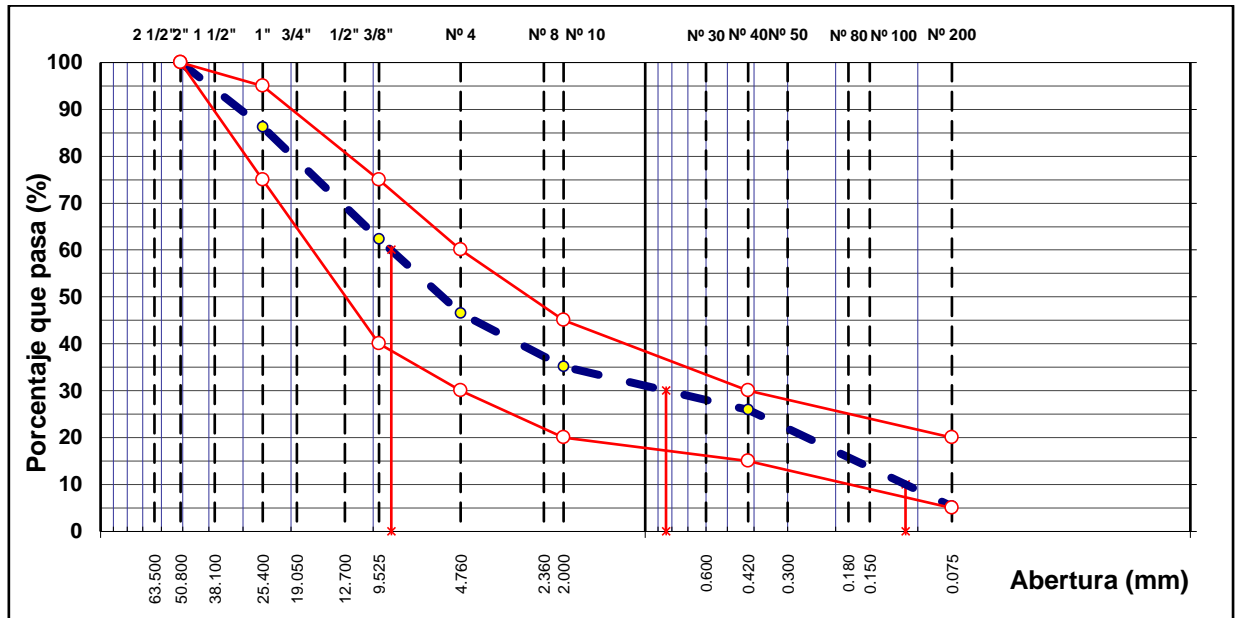
Tabla 52: Resumen de las características del material de Base granular, progresivas  
159+500 - 160+000.

Ítem	Ensayos	Requerimientos mínimos MTC	Resultados Ensayos	Cumple Sí / No
1	Índice plástico	4% máx.	N.P.	Sí
2	CBR	100% mín.	108	Sí
3	Equivalente arena	35% mín.	-	Sí
4	Partículas chatas	15% máx.	9,3	Sí
5	Partículas con 1 cara fracturada	80% mín.	85,1	Sí
6	Partículas con 2 cara fracturadas	40% mín.	71	Sí

Fuente: Elaboración propia

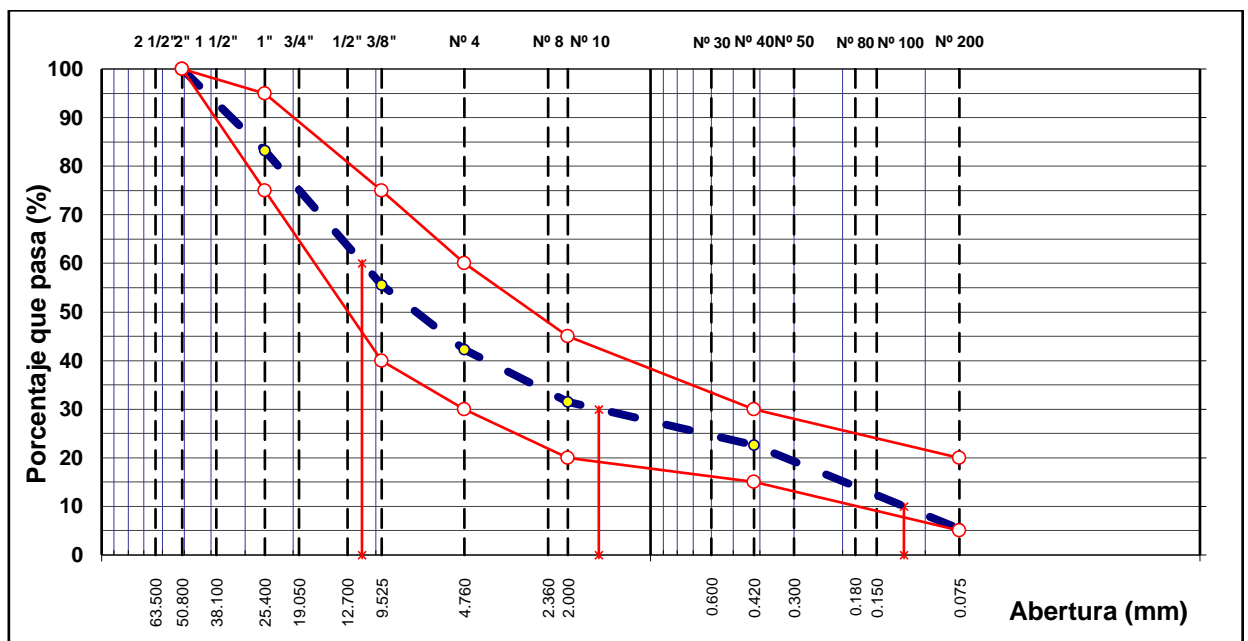
## Comparación de las curvas granulométricas del material de base con las especificaciones técnicas de la norma EG-2013 Y ASTM D3515.

Figura 37: Curva de Distribución Granulométrica de material de Base (Km 155+500-155+500).



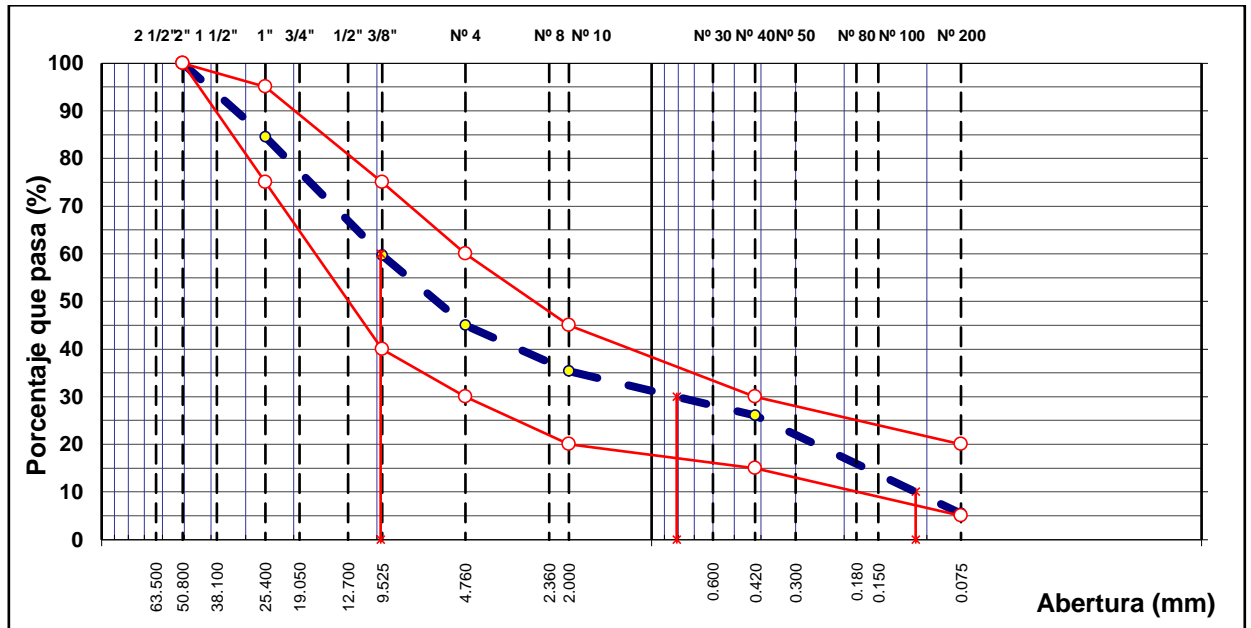
Fuente: Elaboración propia

Figura 38: Curva de Distribución Granulométrica de material de Base (Km 156+500-157+000).



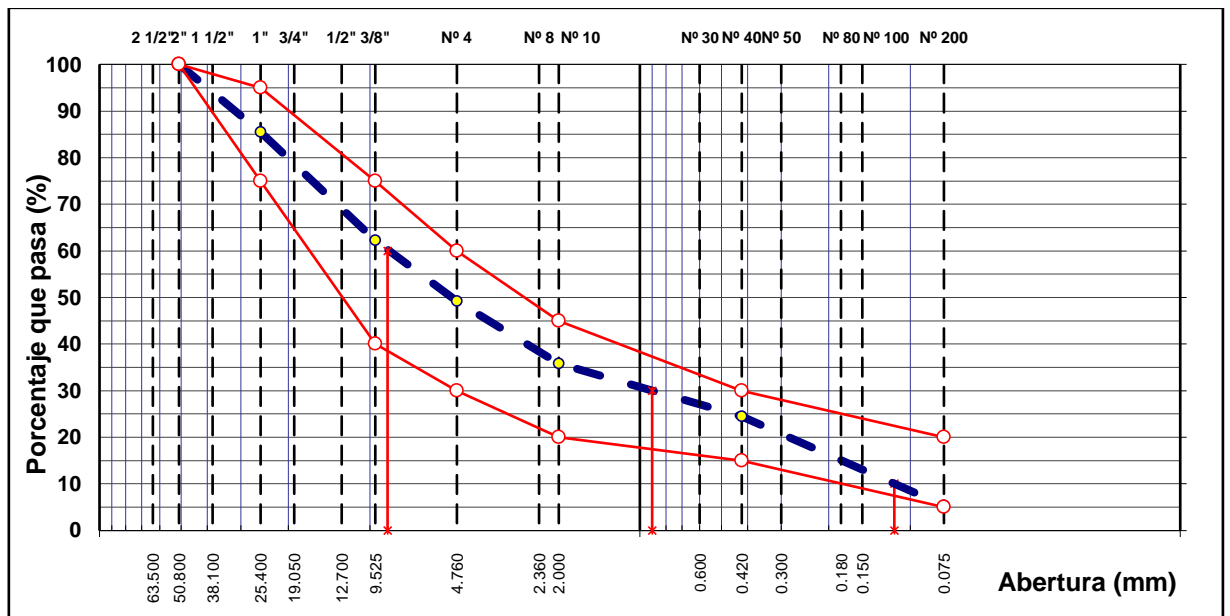
Fuente: Elaboración propia

Figura 39: Curva de Distribución Granulométrica de material de Base (Km 157+500-158+000).



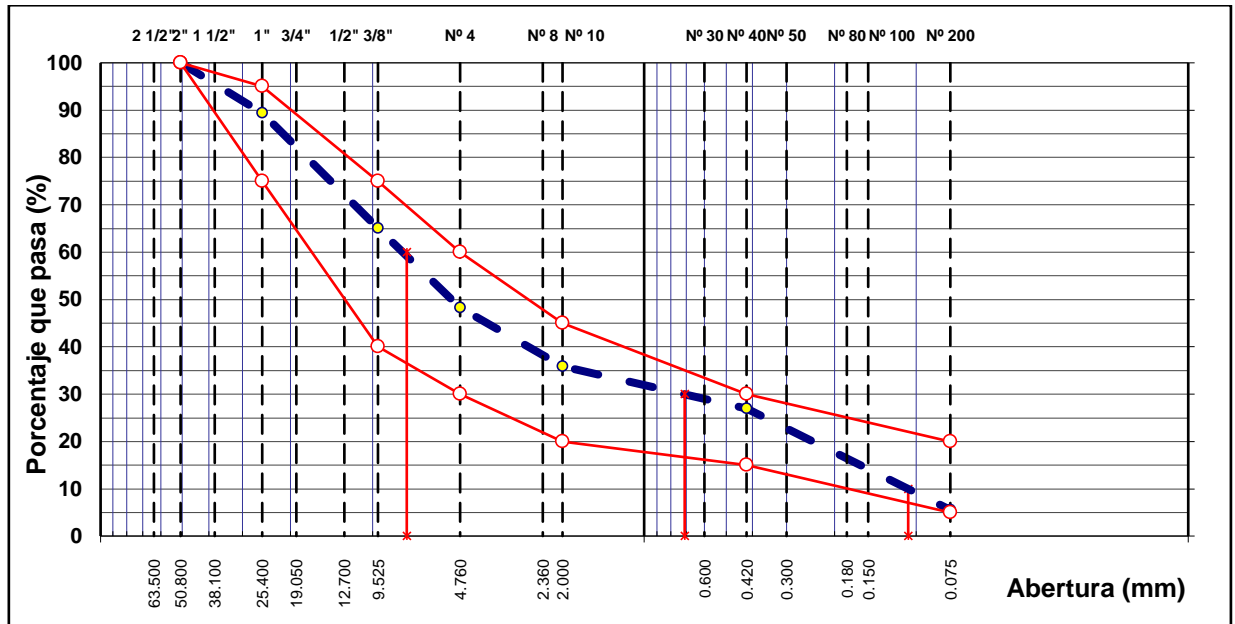
Fuente: Elaboración propia

Figura 40: Curva de Distribución Granulométrica de material de Base (Km 158+500-159+000).



Fuente: Elaboración propia

Figura 41: Curva de Distribución Granulométrica de material de Base (Km 159+500-160+000).



Fuente: Elaboración propia

## B) Discusión de los resultados de los ensayos de Base

### Ensayos de las progresivas Km 155+000 – Km 155+500

Índice Plástico: No presenta, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 4% como máximo, esto nos indica que no tendremos problemas ni de asentamientos ni de hinchamientos.

CBR: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 108,1%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 100% como mínimo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor del 100% tendremos un suelo con una buena capacidad de soporte.

Equivalente de arena: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 70%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 35% como



mínimo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor del 35% no habrá problemas de contaminación con limo o arcillas.

Partículas chatas: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 8,4%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 15% como máximo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor del 15% no tendremos problemas en la consolidación y acomodo de materiales.

Partículas con una cara fracturada: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 90,7%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 80% como mínimo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea menor de ese 80% se tendrá una buena estabilidad entre las partículas.

### **Ensayos de las progresivas Km 156+500 – Km 157+000**

Índice Plástico: No presenta, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 4% como máximo, esto nos indica que no tendremos problemas ni de asentamientos ni de hinchamientos.

CBR: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 106,1%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 100% como mínimo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor del 100% tendremos un suelo con una buena capacidad de soporte.

Partículas chatas: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 8,8%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 15% como máximo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor del 15% no tendremos problemas en la consolidación y acomodo de materiales.



Partículas con una cara fracturada: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 87,3%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 80% como mínimo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea menor de ese 80% se tendrá una buena estabilidad entre las partículas.

### **Ensayos de las progresivas Km 157+500 – Km 158+000**

Índice Plástico: No presenta, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 4% como máximo, esto nos indica que no tendremos problemas ni de asentamientos ni de hinchamientos.

CBR: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 109,9%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 100% como mínimo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor del 100% tendremos un suelo con una buena capacidad de soporte.

Equivalente de arena: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 71%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 35% como mínimo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor del 35% no habrá problemas de contaminación con limo o arcillas.

Partículas chatas: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 8%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 15% como máximo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor del 15% no tendremos problemas en la consolidación y acomodo de materiales.

Partículas con una cara fracturada: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 85,3%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide



80% como mínimo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea menor de ese 80% se tendrá una buena estabilidad entre las partículas.

### **Ensayos de las progresivas Km 158+500 – Km 159+000**

Índice Plástico: No presenta, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 4% como máximo, esto nos indica que no tendremos problemas ni de asentamientos ni de hinchamientos.

CBR: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 108,8%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 100% como mínimo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor del 100% tendremos un suelo con una buena capacidad de soporte.

Equivalente de arena: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 78%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 35% como mínimo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor del 35% no habrá problemas de contaminación con limo o arcillas.

Partículas chatas: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 8,5%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 15% como máximo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor del 15% no tendremos problemas en la consolidación y acomodo de materiales.

Partículas con una cara fracturada: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 88%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 80% como mínimo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea menor de ese 80% se tendrá una buena estabilidad entre las partículas.





#### 4.2.1.3. MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

Comparación de los resultados de la mezcla asfáltica en caliente con las especificaciones técnicas de la norma eg-2013.

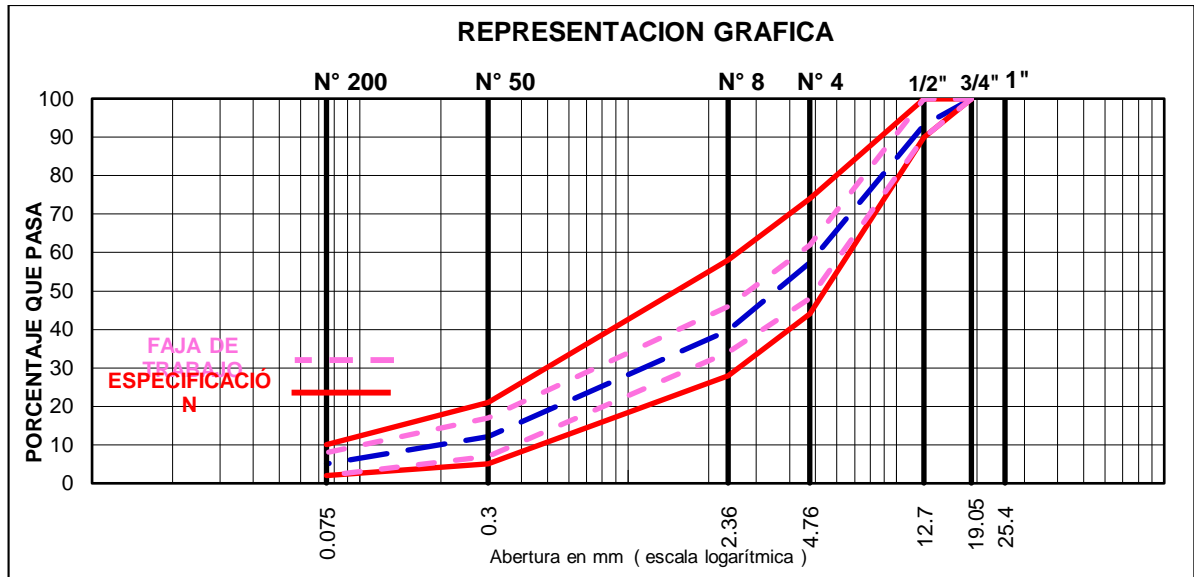
Tabla 53: Resumen de las características del material para mezcla asfáltica en caliente.

Parámetro de diseño	Requerimientos mínimos MTC	Resultados Ensayos				Cumple Sí / No
		155+783 - 156+465 / 156+785 - 157+455		157+787 - 158+450 / 158+790 - 159+900		
		Marshall 1	Marshall 2	Marshall 1	Marshall 2	
Estabilidad (mínimo)	8,15kN (mín)	12.65 kN	12.62 kN	12.65 kN	13.11 kN	Sí
Flujo 0.01" (0.25mm) (8-14)	2.032-3.556	3.25mm	3.33mm	3.25mm	3.42mm	Sí
Porcentaje de vacíos con aire (MTC E 505)	03--05	3.70%	3.80%	3.90%	3.70%	Sí
Vacíos mínimos en el agregado mineral (VMA)	15	15.6	15.6	15.7	15.6	Sí

Fuente: Elaboración propia

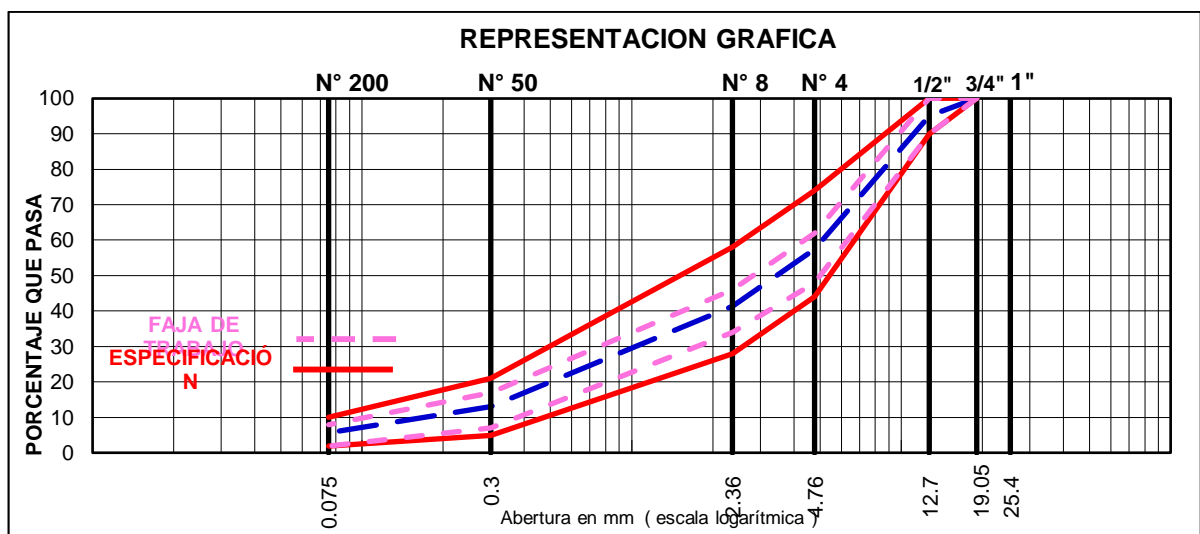
## Comparación de las curvas granulométricas del material de mezcla asfáltica en caliente con las especificaciones técnicas de la norma EG-2013 Y ASTM D3515.

Figura 42: Curva de Distribución Granulométrica de material de Mezcla Asfáltica en caliente, lavado N°1, Primera Capa (Progresivas Km 155+783 – Km 156+465 / Km 156+785 – Km 157+455).



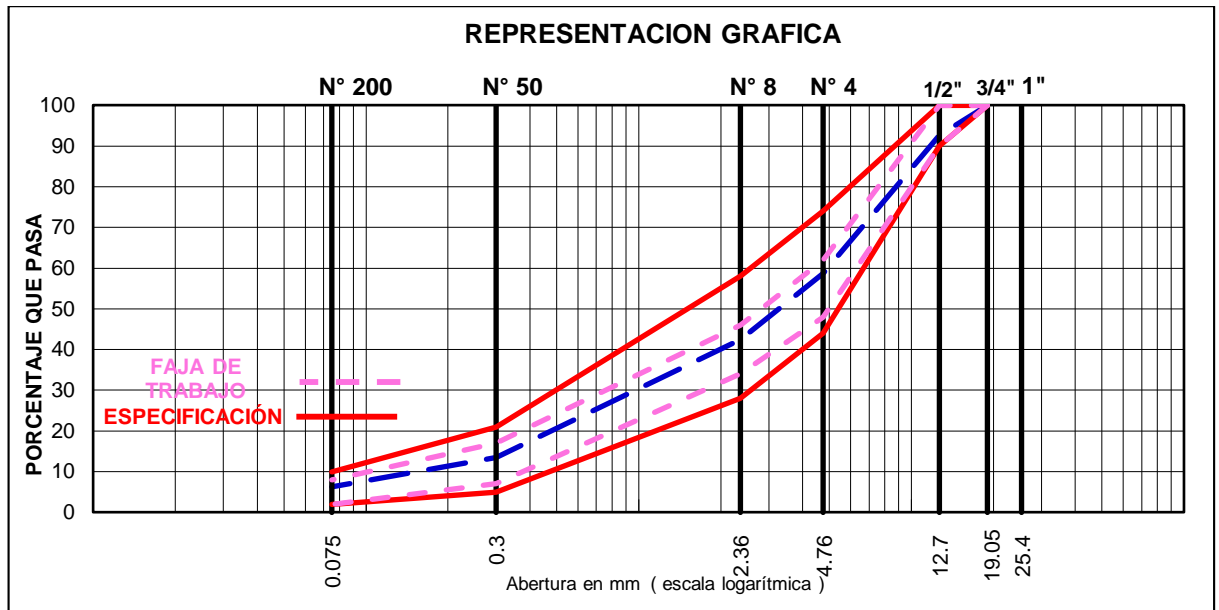
Fuente: Elaboración propia

Figura 43: Curva de Distribución Granulométrica de material de Mezcla Asfáltica en caliente, lavado N°2, Primera Capa (Progresivas Km 155+783 – Km 156+465 / Km 156+785 – Km 157+455).



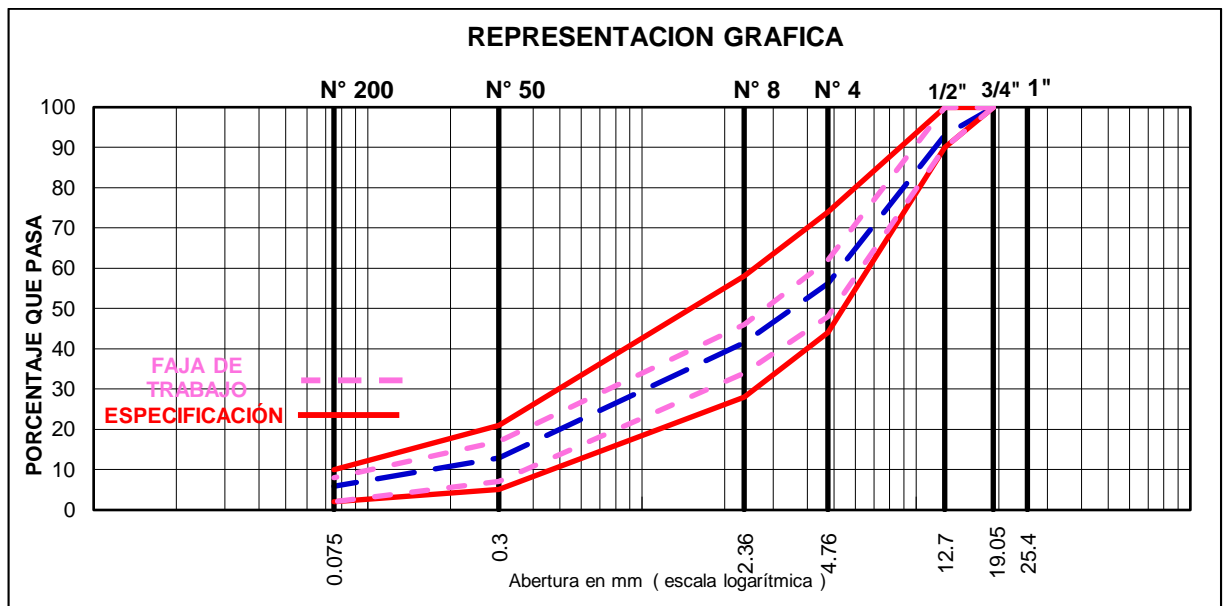
Fuente: Elaboración propia

Figura 44: Curva de Distribución Granulométrica de material de Mezcla Asfáltica en caliente, lavado N°1, Segunda Capa (Progresivas Km 157+787 – Km 158+450 / Km 158+790 – Km 159+900).



Fuente: Elaboración propia

Figura 45: Curva de Distribución Granulométrica de material de Mezcla Asfáltica en caliente, lavado N°2, Segunda Capa (Progresivas Km 157+787 – Km 158+450 / Km 158+790 – Km 159+900).



Fuente: Elaboración propia



## C) Discusión de los resultados de los ensayos de Mezcla Asfáltica en caliente

### Ensayos de las progresivas Km 155+783 – Km 156+465/ Km 156-785 – Km 157+455, primera capa, Marshall 01

Estabilidad: El resultado del ensayo Marshall nos entregó un valor de 12,65 kN, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 8,15 kN como mínimo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor de ese 8,15 kN el material tendrá una buena capacidad de resistir desplazamientos y deformaciones bajo las cargas de tránsito.

Flujo: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 3,25mm, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos da un rango de 2,032-3,556mm, esto nos quiere decir que mientras este valor esté dentro de ese rango, el material tendrá una buena capacidad de resistir las cargas puntuales.

Porcentaje de vacíos con aire: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 3,7%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos da un rango de 3-5%, esto nos quiere decir que mientras este valor esté dentro de ese rango, el material tendrá un buen punto de equilibrio entre lo rígido y lo poroso.

Vacíos mínimos en el agregado mineral: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 15,6%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos da un valor de 15%, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor, será favorable su comportamiento con el asfalto.



## **Ensayos de las progresivas Km 155+783 – Km 156+465/ Km 156-785 – Km 157+455, primera capa, Marshall 02**

Estabilidad: El resultado del ensayo Marshall nos entregó un valor de 12,62 kN, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 8,15 kN como mínimo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor de ese 8,15 kN el material tendrá una buena capacidad de resistir desplazamientos y deformaciones bajo las cargas de tránsito.

Flujo: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 3,33mm, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos da un rango de 2,032-3,556mm, esto nos quiere decir que mientras este valor esté dentro de ese rango, el material tendrá una buena capacidad de resistir las cargas puntuales.

Porcentaje de vacíos con aire: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 3,80%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos da un rango de 3-5%, esto nos quiere decir que mientras este valor esté dentro de ese rango, el material tendrá un buen punto de equilibrio entre lo rígido y lo poroso.

Vacíos mínimos en el agregado mineral: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 15,6%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos da un valor de 15%, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor, será favorable su comportamiento con el asfalto.



## **Ensayos de las progresivas Km 155+787 – Km 158+450/ Km 158-790 – Km 159+900, segunda capa, Marshall 01**

Estabilidad: El resultado del ensayo Marshall nos entregó un valor de 12,65 kN, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 8,15 kN como mínimo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor de ese 8,15 kN el material tendrá una buena capacidad de resistir desplazamientos y deformaciones bajo las cargas de tránsito.

Flujo: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 3,25mm, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos da un rango de 2,032-3,556mm, esto nos quiere decir que mientras este valor esté dentro de ese rango, el material tendrá una buena capacidad de resistir las cargas puntuales.

Porcentaje de vacíos con aire: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 3,90%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos da un rango de 3-5%, esto nos quiere decir que mientras este valor esté dentro de ese rango, el material tendrá un buen punto de equilibrio entre lo rígido y lo poroso.

Vacíos mínimos en el agregado mineral: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 15,7%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos da un valor de 15%, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor, será favorable su comportamiento con el asfalto.



## **Ensayos de las progresivas Km 155+787 – Km 158+450/ Km 158-790 – Km 159+900, segunda capa, Marshall 02**

Estabilidad: El resultado del ensayo Marshall nos entregó un valor de 13,11 kN, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos pide 8,15 kN como mínimo, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor de ese 8,15 kN el material tendrá una buena capacidad de resistir desplazamientos y deformaciones bajo las cargas de tránsito.

Flujo: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 3,42mm, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos da un rango de 2,032-3,556mm, esto nos quiere decir que mientras este valor esté dentro de ese rango, el material tendrá una buena capacidad de resistir las cargas puntuales.

Porcentaje de vacíos con aire: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 3,70%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos da un rango de 3-5%, esto nos quiere decir que mientras este valor esté dentro de ese rango, el material tendrá un buen punto de equilibrio entre lo rígido y lo poroso.

Vacíos mínimos en el agregado mineral: El resultado del ensayo nos entregó un valor de 15,6%, mientras que la especificación de la norma EG-2013 nos da un valor de 15%, esto nos quiere decir que mientras este valor sea mayor, será favorable su comportamiento con el asfalto.



#### 4.2.2. DEL DISEÑO DEL PAVIMENTO

El material de base, sub base y mezcla asfáltica procedente de la cantera San francisco cumple con las especificaciones requeridas en el Manual de Carreteras EG-2013.

- Según nuestro diseño basado en AASHTO – 93 nos proporcionó los siguientes espesores para las capas del pavimento:

Carpeta de rodadura	: 10cm
Base	: 25cm
Sub Base	: 50cm

#### 4.2.3. DE LAS OBRAS DE ARTE

La autopista cruza zonas urbanas, terrenos eriazos y de cultivo, este último presenta un sistema de riego que consta de canales principales, secundarios y terciarios. Los canales principales se encuentran más alejados de la zona de estudio. Asimismo, se ha observado la presencia de zonas húmedas a ambos lados de la carretera en algunos sectores del tramo materia de estudio, donde la napa freática se encuentra a poca profundidad; por lo general estas áreas permanecen anegadas y/o saturadas.

De las estructuras evaluadas se tiene:

##### Alcantarillas:

La tabla 46 y anexo N°1 muestran las características y estado de conservación de las alcantarillas correspondientes al tramo en estudio.

A lo largo de la vía existente se pudo apreciar que las alcantarillas que atraviesan los km 155+379.25, km 155+630.32, km 156+180, km 156+438.99,





km 157+937.51, km 158+189.66, km 158+653.91, km 158+689.96 se encuentran colmatadas de sedimentos finos y/o basura, lo cual ha ocasionado la disminución de su sección hidráulica, debido a esto se pueden producir desbordamientos laterales al presentar un mayor caudal, erosionando a la estructura como al talud de la carretera misma.

Los cabezales del lado izquierdo de las alcantarillas ubicadas en los km 155+082.89, km 155+101.98, km 155+379.25, km 156+180, km 157+593.85, km 157+937.51, km 158+189.66 no presentan trabajos de acabados, se observan rebabas producto de trabajos de encimado.

La alcantarilla que atraviesa el km 155+082.89 presenta en el aliviadero rotura del concreto, lo mismo sucede en el parapeto del cabezal derecho y en el alero norte del cabezal izquierdo de las alcantarillas ubicadas en los km 155+971.06 y km 157+019.82 respectivamente. Sin embargo el cuerpo de tales alcantarillas trabaja para las condiciones actuales.

La alcantarilla ubicada en el km 158+876.92 presenta fisura en su emboquillado de piedra (lado izquierdo de la alcantarilla), la cual debe ser reparada para evitar filtración del fluido.

En el km 155+082.89 se tiene una alcantarilla tipo marco de concreto de dimensiones 1.50x1.00m, ésta se encuentra obstruida en el cabezal izquierdo generando empozamiento de agua, y por ende presenta un ineficiente funcionamiento hidráulico.



Las 16 alcantarillas del tramo en estudio cuentan con la construcción de aliviadero, éste evacua el flujo hacia el dren natural de manera rápida y directa en forma ordenada, siempre y cuando no tuviera presencia de algún elemento que obstruya el paso.

La alcantarilla que atraviesa el KM 158+653.91 es la única del tipo TMC con diámetro de tubería de 36".

Las alcantarillas ubicadas en los Km 155+082.89, km 155+101.98, km 155+379.25, km 155+971.06, km 156+180, km 156+438.99, km 157+593.85, km 157+937.51, km 158+653.91 requieren elevar la altura de los aleros para evitar derrames.

Las alcantarillas ubicadas en los km 155+082.89, km 155+971.06, km 157+593.85, km 157+937.51, km 158+653.91 requieren elevar la altura del parapeto para evitar derrames.

En las alcantarillas ubicadas en los km 155+082.89, km 155+630, km 157+593.85, km 158+653.91, se requiere perfilar talud para evitar la acumulación de sedimentación en el aliviadero de la alcantarilla.

#### Sifones:

La tabla 47 y anexo N°1 muestran las características y estado de conservación de los sifones correspondientes al tramo en estudio.

El sifón que atraviesa el km 155+109.16 presenta un ligero deterioro de



hormigón en su estructura de entrada, mientras que el sifón del km 156+480.75 presenta fisuras en el borde del canal de transición.

Las estructuras de registro de los sifones ubicados en el km 156+480.75 y km 156+718.62 presentan una tapa prefabricada en buen estado.

El problema de mayor relevancia encontrado en este tipo de estructura de drenaje es la falta de rejilla de protección perteneciente al sifón del km 155+109.16, la cual debe instalarse a la entrada del conducto para impedir o disminuir el ingreso de objetos extraños y en la salida para evitar el ingreso de objetos extraños o personas al conducto.

Las estructuras de entrada y salida de los 3 sifones evaluados presentan sedimentación de finos y presencia de basura y objetos extraños, el sifón del km 156+480.75 presenta este problema en mayor intensidad.



# CAPITULO V:

# CONCLUSIONES Y

# RECOMENDACIONES



## 5.1. CONCLUSIONES

- Se concluye que los valores obtenidos y consignados en esta investigación respecto a los ensayos de base, sub base y mezcla asfáltica se encuentran dentro de las exigencias y parámetros exigidos de las especificaciones técnicas y las especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013, por lo que se considera aceptable su calidad y por lo tanto se verificó que la estructura del pavimento se encuentra bien diseñado.
- Hechas las inspecciones visuales del pavimento se observó la presencia de ahuellamiento en los km 156+200 y km 156+255, se ha verificado que son generadas por causas externas como impactos de materiales extraños. Se encontró también fisuras transversales en el km 157+560.
- Las alcantarillas ubicadas en los km 155+082.89, km 155+379.25, km 155+630.32, km 156+438.99, km 157+937.51, km 158+189.66, km 158+653.91, km 158+689.96, y los 3 únicos sifones evaluados, se encuentran en regular estado, se observó empozamiento del agua, acumulación de sedimentación, presencia de elementos extraños y basura. Por tanto, requieren trabajos de mantenimiento, en algunos casos trabajos de limpieza de cauces, erradicación de vegetación, así como des colmatación general de los cauces. Impidiendo de esta manera que se disminuye la sección hidráulica.



- En época de estiaje los problemas encontrados en las obras de drenaje transversal como las alcantarillas ubicadas en los km 155+082.89, km 155+379.25, km 155+630.32, km 156+438.99, km 157+937.51, km 158+189.66, km 158+653.91, km 158+689.96, y en los 3 únicos sifones evaluados como la presencia de suciedad, sedimentación y vegetación no ocasionan grandes daños, pero esto será todo lo contrario en épocas donde la posibilidad de que el caudal aumente sea mayor, en este caso el problema se tornará más crítico ya que se generará desbordes de agua afectando a la estructura de la carretera.
- Las alcantarillas que cruzan los km 155+082.89, km 155+971.06 y km 157+019.82 requieren reparaciones menores como resane de parapeto y/o aleros.
- Las alcantarillas que cruzan los Km 155+082.89, km 155+101.98, km 155+379.25, km 155+971.06, km 156+180, km 156+438.99, km 157+593.85, km 157+937.51, km 158+653.91 requieren elevar la altura de los aleros y/o parapetos con la finalidad de evitar derrames de material de los taludes superiores a dichos elementos.
- En las alcantarillas que atraviesan los km 155+082.89, km 155+630, km 155+971.06, km 157+593.85, km 158+653.91, km 158+689.96, km 159+098.83 se requiere perfilar el talud de corte del terreno para evitar la acumulación de sedimentación en el aliviadero de la alcantarilla, así mismo eliminar la maleza originada en los extremos superiores del aliviadero ya que esto a largo plazo podría obstruir la alcantarilla.



## 5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar inspecciones rutinarias de la carretera Panamericana Norte en el tramo del Km 155+000 al Km 160+000 para evaluar los niveles de desgaste de la carretera a futuro, puesto que es una vía de primera clase y de vital importancia para la comunicación del país.
- Se debe realizar los diseños y los controles de calidad de acuerdo a las Especificaciones Técnicas más recientes para garantizar mejores rendimientos en los elementos estructurales que conforman el pavimento.
- Concientizar a la población aledaña sobre el cuidado de las obra viales que conforman la red vial nacional.
- Se debe verificar constantemente el buen funcionamiento de las alcantarillas y de los sifones, para evitar que se generen problemas tales como obstrucciones, colapsos, deterioros considerables que puedan comprometer dichas estructuras y por lo tanto afecte la carretera.
- Se debe tener en cuenta la importancia de las rejillas en los sifones ya que facilitan la limpieza de la estructura y evitan futuros problemas de obstrucción de la sección.
- Se recomienda realizar los siguientes trabajos en la carpeta de rodadura según el tipo de problema encontrado:



<b>UBICACIÓN</b>	<b>TIPO DE PROBLEMA</b>	<b>PROPUESTA</b>
km 156+200	Ahuellamiento	Mezclas asfálticas. Remoción de la zona deteriorada. Posteriormente a la delimitación de la zona deteriorada, las mezclas asfálticas deben cortarse de manera que las paredes queden verticales. La mezcla asfáltica se debe extender y nivelar mediante rastrillos, colocando la cantidad adecuada para que sobresalga unos 6 mm sobre el pavimento circundante.
km 156+255		
km 157+560	Fisura transversal	Relleno de las grietas con emulsiones asfálticas. Se recomienda aplicar el material sellanteteniendo cuidado de producir una adherencia efectiva del riego de liga con las paredes de la fisura. El mezclado o preparación de las mezclas deberá realizarse por medio de equipos mecánicos adecuados que aseguren productos homogéneos y que sean muy maniobrables





## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO (1993). Guide for design of pavement structures. Washington D.C.

BAÑÓN, L. Y BEVIÁ, J. (2000). Manual de Carreteras. Volumen 2. Obtenido de <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/1787>

CALDERÓN, A. (2011). Guía de pruebas de laboratorio y muestreo en campo para la verificación de calidad en materiales de un pavimento asfáltico. Obtenido de <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/materiales/article/view/8393/7927>

ESPINOZA, R. IX Congreso Internacional Obras de Infraestructura Vial & EXPO Vial y Transporte, Importancia de los estudios de tráfico en proyectos viales (Pre-Inversión e Inversión – Estudios Definitivos). Obtenido de <http://www.cytingenieros.com.pe/archivos/IMPORTANCIA%20DE%20LOS%20ESTUDIOS%20DE%20TRAFICO.pdf>

HOYOS, F. (2012). GEOTECNIA diccionario básico, Medellín.

JUÁREZ, E. y RICO, A. (2005). Mecánica de Suelos. Tomo 1. Ed. Limusa. México.

MENÉNDEZ, J. (2003). Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas. Lima.



MINAYA, S. Y ORDOÑEZ, A. (2006). Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos. Segunda Edición. Lima-Perú. Difundido por ICG.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2014). Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos. Perú.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2013). Manual de diseño geométrico para carreteras DG-2013. Perú.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Perú.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (2010). Reglamento Nacional de Vehículos. Perú.

MONTAÑO, A. Y SALAZAR J. (2009). Actualización del material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de Obras Hidráulicas I "Texto Guía". Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba-Bolivia.

MONTEJO, A. (2006) Ingeniería de pavimentos: Fundamentos, estudios básicos y diseño. Tercera edición. Colombia: Universidad Católica de Colombia.



LUERA, F. y NUÑEZ, J. (2013). Evaluación de la estructura del pavimento en la carretera panamericana norte a la altura del km 418+500 hasta 421+000 debido a la presencia de la filtración de aguas subterráneas adyacente. (Tesis de Pregrado). Chimbote.

Plan Vial Departamental Participativo de la Reg. Lima 2013-2022 – Gobierno Regional de Lima.

RICO, A., Y DEL CASTILLO, H. (1999) La ingeniería de suelos en las vías terrestres. Volumen 2. Ed. Limusa. México.

VALLE, R. (1964). Carreteras, Calles y Aeropistas. Buenos Aires. El Ateneo. 6ta Ed.

VILLÓN, M. (2005). Diseño de estructuras Hidráulicas. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 2da Edición. Lima-Perú.

VIVAR, G. (1995). Diseño y construcción de Pavimentos. Libro 6, CIP. Perú.

TAPIA, M. Pavimentos. Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/79685359/Curso-Pavimentos-UNAM>



RICO, A., TÉLLEZ, R. Y GARNICA, P. (1998). Pavimentos flexibles: problemática, metodologías de diseño y tendencias. Instituto Mexicano del Transporte. México. Obtenido de

<http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt104.pdf>

<http://mtcgeo2.mtc.gob.pe/imdweb/#>

<http://www.duravia.com.pe/ciclo-de-vida/>

<https://es.scribd.com/doc/75748925/Suelos-Granulares-y-Cohesivos>



# ANEXOS



# ANEXO N°01: INVENTARIADO DE OBRAS DE ARTE

### EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS

FECHA: 04/01/2017

TIPO DE ESTRUCTURA: ALCANTARILLA 1.50X1.00M

UBICACIÓN: KM 155+082.89

	Estado	
	L.D.	L.I.
1.- Libre de fisuras y/o grietas en los elementos de concreto de la alcantarilla.	SÍ	SÍ
2.- Juntas de dilatación en buen estado.	SÍ	SÍ
3.- Encauzamiento del curso del agua.	SÍ	SÍ
4.- Libre de suciedad o elementos extraños.	SÍ	NO
5.- Funcionamiento hidráulico.	NO	NO

#### OBSERVACIONES

Obstrucción a la salida de la alcantarilla.  
Aleros, parapeto y acabados en buen estado.

#### FOTOGRAFÍAS

LADO DERECHO (L.D.)



LADO IZQUIERDO (L.I.)



#### EVALUACIÓN N° 01

La alcantarilla ubicada en el km 155+082.89 es de tipo MC de dimensiones 1.50mx1.00m. Dirigiendonos de sur a norte, el cabezal izquierdo corresponde al cabezal de entrada, el cual se encuentra obstruido generando empozamiento de agua, y por ende un ineficiente funcionamiento hidráulico. Los aleros y parapetos se encuentran en regular estado (falta de acabados), y el aliviadero presenta roturas. Hay presencia de vegetación en el talud del aliviadero, esto a largo plazo podría obstruirlo.

Los aleros y parapeto del cabezal derecho (cabezal de salida) se encuentran en buen estado.

## EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS

FECHA: 04/01/2017

TIPO DE ESTRUCTURA: ALCANTARILLA 1.50X1.00M

UBICACIÓN: KM 155+101.98

	Estado	
	L.D.	L.I.
1.- Libre de fisuras y/o grietas en los elementos de concreto de la alcantarilla.	SÍ	SÍ
2.- Juntas de dilatación en buen estado.	SÍ	SÍ
3.- Encauzamiento del curso del agua.	SÍ	SÍ
4.- Libre de suciedad o elementos extraños.	SÍ	NO
5.- Funcionamiento hidráulico.	SÍ	SÍ

### OBSERVACIONES

Se puede apreciar que el parapeto, aleros y aliviaderos se encuentran en buen estado.  
El lado derecho presenta un fondo de losa limpio.  
En el lado izquierdo se observa la falta de limpieza.

### FOTOGRAFÍAS

LADO DERECHO (L.D.)



LADO IZQUIERDO (L.I.)







### **EVALUACIÓN N° 02**

La alcantarilla ubicada en el km 155+101.98 es de tipo MC de dimensiones 1.50mx1.00m.

Dirigiendonos de sur a norte, el cabezal derecho corresponde al cabezal de entrada, el cual se encuentra en buen estado, presenta un fondo de losa limpio.

Por otro lado el parapeto y aleros del cabezal de salida requieren de acabados, la losa y aliviadero tienen presencia de sedimentación y vegetación, interfiriendo en el libre escurrimiento del caudal. El revestimiento de piedra emboquillada se encuentra en buen estado.

**EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS**

FECHA: **04/01/2017**

TIPO DE ESTRUCTURA: **ALCANTARILLA 1.50X1.00M**

UBICACIÓN: **KM 155+379.25**

	Estado	
	L.D.	L.I.
1.- Libre de fisuras y/o grietas en los elementos de concreto de la alcantarilla.	SÍ	SÍ
2.- Juntas de dilatación en buen estado.	SÍ	SÍ
3.- Encauzamiento del curso del agua.	SÍ	SÍ
4.- Libre de suciedad o elementos extraños.	SÍ	NO
5.- Funcionamiento hidráulico.	NO	NO

**OBSERVACIONES**

Mejoramiento de encauzamiento ( lado derecho)  
La alcantarilla en cabezal izquierdo requiere de limpieza.  
El parapeto y aleros del cabezal izquierdo no presentan buen acabado.

**FOTOGRAFÍAS**

LADO DERECHO (L.D.)



LADO IZQUIERDO (L.I.)



**EVALUACIÓN N° 03**

La alcantarilla ubicada en el KM 155+379.25 es de tipo MC de dimensiones 1.50mx1.00m.

Dirigiendonos de sur a norte, el cabezal izquierdo corresponde al cabezal de entrada, el cual se encuentra con suciedad y elementos extraños que obstruyen el paso del agua. El parapeto y alero no presentan trabajos de acabado, se observa presencia de alambre en pared.

Por otro lado el parapeto y aleros del cabezal de salida se encuentran en buen estado. El revestimiento de piedra emboquillada se encuentra en buen estado. Se observa trabajos de encauzamiento, sin embargo requiere limpieza debido a presencia de vegetación y piedra grande.

EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS

FECHA: 04/01/2017

TIPO DE ESTRUCTURA: ALCANTARILLA 1.50X1.50M

UBICACIÓN: KM 155+630.32

	Estado	
	L.D.	L.I.
1.- Libre de fisuras y/o grietas en los elementos de concreto de la alcantarilla.	SÍ	SÍ
2.- Juntas de dilatación en buen estado.	SÍ	SÍ
3.- Encauzamiento del curso del agua.	SÍ	SÍ
4.- Libre de suciedad o elementos extraños.	NO	NO
5.- Funcionamiento hidráulico.	SÍ	SÍ

**OBSERVACIONES**

Se aprecia parapeto y aleros en buen estado.  
El aliviadero requiere de limpieza (lado izquierdo).  
Limpieza en el fondo de losa de la alcantarilla (lado derecho).

**FOTOGRAFÍAS**

LADO DERECHO (L.D.)



LADO IZQUIERDO (L.I.)



**EVALUACIÓN N° 04**

La alcantarilla ubicada en el KM 155+630.32 es de tipo MC de dimensiones 1.50mx1.50m.

Dirigiendonos de sur a norte, el cabezal derecho corresponde al cabezal de entrada, el cual se encuentra con suciedad y elementos extraños que obstruyen el paso del agua. El parapeto y alero presentan trabajos de acabado. Se observa trabajos de encauzamiento.

Por otro lado el parapeto y aleros del cabezal de salida se encuentran en buen estado. El revestimiento de piedra emboquillada se encuentra en buen estado. Se requiere perfilar talud para evitar la acumulación de sedimentación en el aliviadero de la alcantarilla.

EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS

FECHA: 04/01/2017

TIPO DE ESTRUCTURA: ALCANTARILLA 1.50X1.50M

UBICACIÓN: KM 155+971.06

	Estado	
	L.D.	L.I.
1.- Libre de fisuras y/o grietas en los elementos de concreto de la alcantarilla.	SI	SI
2.- Juntas de dilatación en buen estado.	SI	SI
3.- Encauzamiento del curso del agua.	SI	SI
4.- Libre de suciedad o elementos extraños.	SI	SI
5.- Funcionamiento hidráulico.	SI	SI

OBSERVACIONES

Se aprecia parapeto, aliviadero y aleros en buen estado.  
Se observa deterioro del hormigón en parapeto. (lado derecho)  
Limpieza de vegetacion en los aleros ya que con el tiempo tenderá a incrementar y muy posiblemente obstruir el flujo.

FOTOGRAFÍAS



EVALUACIÓN N° 05

La alcantarilla ubicada en el KM 155+971.06 es de tipo MC de dimensiones 1.50mx1.50m.

Dirigiendonos de sur a norte, el cabezal derecho corresponde al cabezal de entrada, el cual se encuentra en buenas condiciones permitiendo el libre escurrimiento del agua. Los aleros se encuentran en buen estado, pero el parapeto presenta deterioro de hormigón en una de sus esquinas. En la parte superior externa del aliviadero hay presencia de vegetación que a largo plazo tenderá a incrementar y muy probablemente obstruir el flujo.

Por otro lado el parapeto y aleros del cabezal de salida se encuentran en buen estado. El revestimiento de piedra emboquillada se encuentra en buen estado. Se requiere perfilar talud para evitar la acumulación de sedimentación en el aliviadero de la alcantarilla.

**EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS**

FECHA: **04/01/2017**

TIPO DE ESTRUCTURA: **ALCANTARILLA 1.50X1.00M**

UBICACIÓN: **KM 156+180.00**

	Estado	
	L.D.	L.I.
1.- Libre de fisuras y/o grietas en los elementos de concreto de la alcantarilla.	SÍ	SÍ
2.- Juntas de dilatación en buen estado.	SÍ	SÍ
3.- Encauzamiento del curso del agua.	SÍ	SÍ
4.- Libre de suciedad o elementos extraños.	NO	NO
5.- Funcionamiento hidráulico.	SÍ	SÍ

**OBSERVACIONES**

Se observa el parapeto y alero con falta de acabados.  
Requiere limpieza de alcantarilla debido a presencia de sedimentación y vegetación.

**FOTOGRAFÍAS**

LADO DERECHO (L.D.)



LADO IZQUIERDO (L.I.)



**EVALUACIÓN N° 06**

La alcantarilla ubicada en el KM 156+180.00 es de tipo MC de dimensiones 1.50mx1.00m.

Dirigiendonos de sur a norte, el cabezal derecho corresponde al cabezal de entrada, el cual presenta sedimentación y vegetación en losa y aliviadero. Los aleros, parapeto y emboquillado de piedra se encuentran en buen estado.

Por otro lado el parapeto y aleros del cabezal de salida requieren de trabajo de acabado. El revestimiento de piedra emboquillada se encuentra en buen estado. Se requiere perfilar talud para evitar la acumulación de sedimentación en el aliviadero de la alcantarilla. se observa presencia de sedimentación y vegetación en fondo de losa.

**EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS**

FECHA: **04/01/2017**

TIPO DE ESTRUCTURA: **ALCANTARILLA 1.00X1.00M**

UBICACIÓN: **KM 156+438.99**

	Estado	
	L.D.	L.I.
1.- Libre de fisuras y/o grietas en los elementos de concreto de la alcantarilla.	SI	SI
2.- Juntas de dilatación en buen estado.	SI	SI
3.- Encauzamiento del curso del agua.	SI	SI
4.- Libre de suciedad o elementos extraños.	NO	NO
5.- Funcionamiento hidráulico.	SI	SI

**OBSERVACIONES**

Mejoramiento de encauzamiento.  
Parapeto, aleros y emboquillado de piedra en buen estado.  
Requiere limpieza de losa de fondo y aliviadero.

**FOTOGRAFÍAS**

LADO DERECHO (L.D.)



LADO IZQUIERDO (L.I.)



**EVALUACIÓN N° 07**

La alcantarilla ubicada en el KM 156+438.99 es de tipo MC de dimensiones 1.00mx1.00m.

Dirigiendonos de sur a norte, en el cabezal derecho se observa obstrucción en el libre escurrimiento del agua debido a presencia de sedimentación y elementos extraños. Los aleros y parapeto se encuentran en buen estado, sin embargo se requiere el perfilado de taludes en aleros y emboquillado de piedra para evitar la acumulación de sedimentación en la alcantarilla, o el encimado de aleros. Se requiere limpieza del encauzamiento.

Por otro lado el parapeto y aleros del cabezal de salida se encuentran en buen estado. El revestimiento de piedra emboquillada se encuentra en buen estado. El encauzamiento se encuentra obstruido.



EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS

FECHA: 05/01/2017

TIPO DE ESTRUCTURA:

ALCANTARILLA 1.50X1.00M

UBICACIÓN: KM 157+019.82

	Estado	
	L.D.	L.I.
1.- Libre de fisuras y/o grietas en los elementos de concreto de la alcantarilla.	SÍ	SÍ
2.- Juntas de dilatación en buen estado.	SÍ	SÍ
3.- Encauzamiento del curso del agua.	SÍ	SÍ
4.- Libre de suciedad o elementos extraños.	NO	SÍ
5.- Funcionamiento hidráulico.	SÍ	SÍ

OBSERVACIONES

Se aprecia aleros, parapeto y acabados en buen estado.  
En el lado derecho se observa la falta de limpieza.  
El revestimiento de piedra emboquillada se encuentra en buen estado.  
Se observa deterioro del hormigón en alero norte. (lado izquierdo)

FOTOGRAFÍAS

LADO DERECHO (L.D.)



LADO IZQUIERDO (L.I.)





### **EVALUACIÓN N° 08**

La alcantarilla ubicada en el km 157+019.82 es de tipo MC de dimensiones 1.50mx1.00m.

Dirigiendonos de sur a norte, el cabezal derecho corresponde al cabezal de entrada, su parapeto y aleros se encuentran en buen estado. Se observa la presencia de vegetación y sedimentación en el aliviadero.

Por otro lado el parapeto y emboquillado de piedra del cabezal de salida se encuentran en buen estado, pero el alero norte presenta deterioro de hormigón. Se aprecia un ligero estancamiento debido a que el cabezal de entrada no funciona a su cien por ciento. Ambos lados de la alcantarilla cuentan con trabajos de encauzamiento.

EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS

FECHA: 05/01/2017

TIPO DE ESTRUCTURA: ALCANTARILLA 1.50X1.50M

UBICACIÓN: KM 157+593.85

	Estado	
	L.D.	L.I.
1.- Libre de fisuras y/o grietas en los elementos de concreto de la alcantarilla.	SÍ	SÍ
2.- Juntas de dilatación en buen estado.	SÍ	SÍ
3.- Encauzamiento del curso del agua.	SÍ	SÍ
4.- Libre de suciedad o elementos extraños.	SÍ	SÍ
5.- Funcionamiento hidráulico.	SÍ	SÍ

**OBSERVACIONES**

Se observa el parapeto y alero con falta de acabados (lado izquierdo).  
se observa fondo de losa limpio.

Es necesario encimar los aleros (lado derecho), requiere perfilado de talud en los aleros y parapeto.

**FOTOGRAFÍAS**

LADO DERECHO (L.D.)



LADO IZQUIERDO (L.I.)





### **EVALUACIÓN N° 09**

La alcantarilla ubicada en el KM 157+593.85 es de tipo MC de dimensiones 1.50mx1.50m. Dirigiendonos de sur a norte, el cabezal derecho corresponde al cabezal de entrada, su parapeto y aleros se encuentran en buen estado. Sin embargo requiere encimarlos para evitar la acumulación de sedimentación en la alcantarilla. Presenta un fondo de losa limpio permitiendo el libre escurrimiento del agua.

Por otro lado el parapeto y aleros del cabezal de salida requieren de trabajos de acabado, se observa presencia de alambres en pared. Ambos lados de la alcantarilla cuentan con trabajos de encauzamiento en buen estado.

EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS

FECHA: 05/01/2017

TIPO DE ESTRUCTURA: ALCANTARILLA 1.50X1.50M

UBICACIÓN: KM 157+937.51

	Estado	
	L.D.	L.I.
1.- Libre de fisuras y/o grietas en los elementos de concreto de la alcantarilla.	SÍ	SÍ
2.- Juntas de dilatación en buen estado.	SÍ	SÍ
3.- Encauzamiento del curso del agua.	SÍ	SÍ
4.- Libre de suciedad o elementos extraños.	NO	NO
5.- Funcionamiento hidráulico.	NO	NO

**OBSERVACIONES**

Requiere perfilado de taludes en aleros y emboquillado de piedra.  
Requiere limpieza de desechos y sedimentación.  
Se observa la falta de acabado (rebaba) en parapeto y aleros del cabezal izquierdo .

**FOTOGRAFÍAS**

LADO DERECHO (L.D.)



LADO IZQUIERDO (L.I.)



**EVALUACION N° 10**

La alcantarilla ubicada en el KM 157+937.51 es de tipo MC de dimensiones 1.50mx1.50m. Dirigiendonos de sur a norte, el cabezal derecho corresponde al cabezal de entrada, su parapeto y aleros se encuentran en buen estado. Sin embargo requiere encimar los aleros y el emboquillado de piedra para evitar la acumulación de sedimentación en la alcantarilla, que es lo que viene ocurriendo actualmente además de acumulación de desechos que obstruyen el flujo.

Por otro lado el parapeto y aleros del cabezal de salida requieren de trabajos de acabado. El fondo de losa y aliviadero presentan suciedad.

EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS

FECHA: 05/01/2017

TIPO DE ESTRUCTURA: ALCANTARILLA 1.50X1.00M

UBICACIÓN: KM 158+189.66

	Estado	
	L.D.	L.I.
1.- Libre de fisuras y/o grietas en los elementos de concreto de la alcantarilla.	SÍ	SÍ
2.- Juntas de dilatación en buen estado.	SÍ	SÍ
3.- Encauzamiento del curso del agua.	SÍ	SÍ
4.- Libre de suciedad o elementos extraños.	NO	NO
5.- Funcionamiento hidráulico.	NO	NO

**OBSERVACIONES**

Se observa la existencia de rebaba en el alero y parapeto del cabezal izquierdo (falta de acabado).  
Requiere limpieza en fondo de losa y aliviadero.  
Mejoramiento de talud en alero y emboquillado de piedra.  
Mejoramiento del encauzamiento. (lado derecho)

**FOTOGRAFÍAS**

LADO DERECHO (L.D.)



LADO IZQUIERDO (L.I.)



**EVALUACIÓN N° 11**

La alcantarilla ubicada en el KM 158+189.66 es de tipo MC de dimensiones 1.50mx1.00m. Dirigiendonos de sur a norte, el cabezal derecho corresponde al cabezal de entrada, su parapeto y aleros se encuentran en buen estado. Sin embargo requiere encimar los aleros, parapeto y el emboquillado de piedra para evitar la acumulación de sedimentación en la alcantarilla, que es lo que viene ocurriendo actualmente además de acumulación de desechos y vegetación que obstruyen el libre escurrimiento del fluido.

Por otro lado el parapeto y aleros del cabezal de salida requieren de trabajos de acabado. El fondo de losa y aliviadero presentan suciedad.

EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS

FECHA: 05/01/2017

TIPO DE ESTRUCTURA: ALCANTARILLA 1.50X1.00M

UBICACIÓN: KM 158+527.94

	Estado	
	L.D.	L.I.
1.- Libre de fisuras y/o grietas en los elementos de concreto de la alcantarilla.	SI	SI
2.- Juntas de dilatación en buen estado.	SI	SI
3.- Encauzamiento del curso del agua.	SI	SI
4.- Libre de suciedad o elementos extraños.	SI	NO
5.- Funcionamiento hidráulico.	SI	SI

**OBSERVACIONES**

Aleros, parapeto y aliviadero en buen estado.  
Mejoramiento del encauzamiento.  
Mejoramiento de talud en alero y emboquillado de piedra.

**FOTOGRAFÍAS**

LADO DERECHO (L.D.)



LADO IZQUIERDO (L.I.)





### EVALUACIÓN N° 12

La alcantarilla ubicada en el KM 158+527.94 es de tipo MC de dimensiones 1.50mx1.00m. Dirigiendonos de sur a norte, el cabezal derecho corresponde al cabezal de entrada, su parapeto y aleros se encuentran en buen estado. Sin embargo requiere encimar los aleros, parapeto y el emboquillado de piedra para evitar la acumulación de sedimentación en la alcantarilla. El fondo de losa se encuentra limpio permitiendo un eficiente funcionamiento hidráulico.

El parapeto y aleros del cabezal de salida se encuentran en buen estado pero al igual que el otro cabezal requieren de enncimado para evitar derrame. El fondo de losa y aliviadero presentan suciedad. Hay presencia de vegetación en fondo de losa y aliviadero, el cual sino es retirado podría aumentar y ocasionar interrupción en el libre escurrimiento.



EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS

FECHA: 05/01/2017

TIPO DE ESTRUCTURA: ALCANTARILLA Ø36"

UBICACIÓN: KM 158+653.91

	Estado	
	L.D.	L.I.
1.- Libre de fisuras y/o grietas en los elementos de concreto de la alcantarilla.	SÍ	SÍ
2.- Juntas de dilatación en buen estado.	SÍ	SÍ
3.- Encauzamiento del curso del agua.	SÍ	SÍ
4.- Libre de suciedad o elementos extraños.	NO	NO
5.- Funcionamiento hidráulico.	SÍ	SÍ

OBSERVACIONES

Sedimentación y presencia de elementos extraños en fondo de losa y aliviadero.  
Encauzamiento cubierto por vegetación

FOTOGRAFÍAS

LADO DERECHO (L.D.)

LADO IZQUIERDO (L.I.)





### **EVALUACIÓN N° 13**

La alcantarilla ubicada en el KM 158+653.91 es de tipo TMC - Ø36" .

Dirigiendonos de sur a norte, el cabezal derecho corresponde al cabezal de entrada, su parapeto y aleros se encuentran en buen estado. Sin embargo requiere encimar los aleros, y el emboquillado de piedra para evitar la acumulación de sedimentación en la alcantarilla que es lo que viene ocurriendo actualmente además de acumulación de desechos y vegetación que obstruyen el libre escurrimiento del fluido.

El parapeto y aleros del cabezal de salida se encuentran en buen estado pero al igual que el otro cabezal requieren de encimado para evitar derrame. El fondo de losa y aliviadero presentan suciedad. Hay presencia de vegetación en fondo de losa y aliviadero, el cual sino es retirado podría aumentar y ocasionar interrupción en el libre escurrimiento.

En ambos lados de la alcantarilla se han realizado trabajos de encauzamiento, actualmente se encuentran cubiertos de vegetación no permitiendo el libre escurrimiento del flujo.

EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS

FECHA: 06/01/2017

TIPO DE ESTRUCTURA: ALCANTARILLA 1.50X1.00M

UBICACIÓN: KM 158+689.96

	Estado	
	L.D.	L.I.
1.- Libre de fisuras y/o grietas en los elementos de concreto de la alcantarilla.	SÍ	SÍ
2.- Juntas de dilatación en buen estado.	SÍ	SÍ
3.- Encauzamiento del curso del agua.	SÍ	SÍ
4.- Libre de suciedad o elementos extraños.	NO	NO
5.- Funcionamiento hidráulico.	NO	NO

OBSERVACIONES

Empozamiento de agua en ambos cabezales.  
Parapeto y aleros en buen estado.  
Mejoramiento de encauzamiento.

FOTOGRAFÍAS

LADO DERECHO (L.D.)



LADO IZQUIERDO (L.I.)





#### **EVALUACIÓN N° 14**

La alcantarilla ubicada en el KM 158+689.96 es de tipo MC de dimensiones 1.50mx1.00m. Dirigiendonos de sur a norte, el cabezal derecho corresponde al cabezal de entrada, su parapeto y aleros se encuentran en buen estado. Se observa la presencia de vegetación y sedimentación en el fondo de losa y aliviadero, debido a esto se ha generado el empozamiento del agua.

Por otro lado el parapeto, aleros y emboquillado de piedra del cabezal de salida se encuentran en buen estado. Se aprecia un ligero estancamiento debido a que el cabezal de entrada no funciona a su cien por ciento. Ambos lados de la alcantarilla cuentan con trabajos de encauzamiento pero están obstruidos por presencia de vegetación.

EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS

FECHA: 06/01/2017

TIPO DE ESTRUCTURA: ALCANTARILLA 1.50X1.00M

UBICACIÓN: KM 158+876.92

	Estado	
	L.D.	L.I.
1.- Libre de fisuras y/o grietas en los elementos de concreto de la alcantarilla.	SÍ	NO
2.- Juntas de dilatación en buen estado.	SÍ	SÍ
3.- Encauzamiento del curso del agua.	SÍ	SÍ
4.- Libre de suciedad o elementos extraños.	SÍ	SÍ
5.- Funcionamiento hidráulico.	SÍ	SÍ

OBSERVACIONES

Parapeto y aleros en buen estado.  
Libre escurrimiento del flujo.  
Fisura en emboquillado de piedra en lado izquierdo de alcantarilla.

FOTOGRAFÍAS

LADO DERECHO (L.D.)



LADO IZQUIERDO (L.I.)





### **EVALUACIÓN N° 15**

La alcantarilla ubicada en el KM 158+876.92 es de tipo MC de dimensiones 1.50mx1.00m

. Dirigiendonos de sur a norte, el cabezal derecho corresponde al cabezal de entrada, su parapeto y aleros se encuentran en buen estado. Sin embargo requiere encimar los aleros y el emboquillado de piedra para evitar la acumulación de sedimentación en la alcantarilla. El fondo de losa se encuentra limpio permitiendo un adecuado funcionamiento hidráulico.

El parapeto y aleros del cabezal de salida se encuentran en buen estado pero al igual que el otro cabezal requieren de encimado para evitar derrame. El emboquilla de piedra presenta fisura. El fondo de losa y aliviadero se encuentran en buen estado y libre de suciedad.

EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS

FECHA: 06/01/2017

TIPO DE ESTRUCTURA: ALCANTARILLA 1.50X1.00M

UBICACIÓN: KM 159+098.83

	Estado	
	L.D.	L.I.
1.- Libre de fisuras y/o grietas en los elementos de concreto de la alcantarilla.	SÍ	SÍ
2.- Juntas de dilatación en buen estado.	SÍ	SÍ
3.- Encauzamiento del curso del agua.	SÍ	SÍ
4.- Libre de suciedad o elementos extraños.	SÍ	SÍ
5.- Funcionamiento hidráulico.	SÍ	SÍ

OBSERVACIONES

Parapeto y aleros en buen estado  
Fondo de losa limpio

FOTOGRAFÍAS

LADO DERECHO (L.D.)



LADO IZQUIERDO (L.I.)





### EVALUACIÓN N° 16

La alcantarilla ubicada en el KM 159+098.83 es de tipo MC de dimensiones 1.50mx1.00m.

Dirigiendonos de sur a norte, el cabezal derecho corresponde al cabezal de entrada, el cual se encuentra en buenas condiciones permitiendo el libre escurrimiento del agua. Los aleros y parapeto se encuentran en buen estado, sin embargo requiere encimar los aleros para evitar la acumulación de sedimentación en la alcantarilla.

Por otro lado el parapeto y aleros del cabezal de salida se encuentran en buen estado. sin embargo requiere encimarlos para evitar la acumulación de sedimentación en la alcantarilla. En la parte superior externa del emboquillado de piedra hay presencia de vegetación que a largo plazo tenderá a incrementar y muy probablemente obstruir el flujo.



**EVALUACIÓN DE SIFONES**

FECHA: 04/01/2017

TIPO DE ESTRUCTURA: SIFON 16", 2 OJOS

UBICACIÓN: 155+109.16

	Estado	
	L.D.	L.I.
1.- Libre de fisuras y/o grietas en los elementos de concreto de la alcantarilla.	NO	SI
2.- Juntas de dilatación en buen estado.	SÍ	SÍ
3.- Encauzamiento del curso del agua.	SÍ	NO
4.- Libre de suciedad o elementos extraños.	NO	NO
5.- Funcionamiento hidráulico.	SÍ	NO

**OBSERVACIONES**

Se aprecia suciedad en el fondo de losa.  
Falta de rejilla de entrada.  
Requiere revestir canal de descarga.

**FOTOGRAFÍAS**

LADO DERECHO (L.D.)



LADO IZQUIERDO (L.I.)





### EVALUACIÓN N° 1

El sifón ubicado en el KM 155+109.16 es de PVC Ø16", 2 ojos.

Dirigiendonos de sur a norte, la entrada al sifón se encuentra en el lado derecho de la carretera, como puede observarse en las fotos, este sifón está compuesto de 2 conductos, los cuales no están provistos de rejilla de protección permitiendo el ingreso de basura y objetos extraños, esto impedirá el funcionamiento correcto de los conductos al aumentar el flujo. Su estructura de entrada presenta un ligero deterioro de hormigón y se requieren de trabajos de limpieza del cauce a la entrada del canal.

Por otro lado la estructura de salida del sifón se encuentra en buen estado de conservación, sin embargo se requiere la limpieza del cauce y el revestimiento del canal de descarga.

**EVALUACIÓN DE SIFONES**

FECHA: 05/01/2017

TIPO DE ESTRUCTURA: SIFON 8", 2 OJOS

UBICACIÓN: 156+480.75

	Estado	
	L.D.	L.I.
1.- Libre de fisuras y/o grietas en los elementos de concreto de la alcantarilla.	NO	SÍ
2.- Juntas de dilatación en buen estado.	SÍ	SÍ
3.- Encauzamiento del curso del agua.	sí	sí
4.- Libre de suciedad o elementos extraños.	NO	NO
5.- Funcionamiento hidráulico.	SÍ	NO

**OBSERVACIONES**

Existe encauzamiento de agua pero se encuentra colmatado de basura (L.I.)  
Presencia de basura en diversos elementos de la estructura.

**FOTOGRAFÍAS**

**LADO DERECHO (L.D.)**



**LADO IZQUIERDO (L.I.)**





### **EVALUACIÓN N° 2**

El sifón ubicado en el KM 156+480.75 es de PVC Ø8", 2 ojos.

Dirigiendonos de sur a norte, la entrada al sifón se encuentra en el lado derecho de la carretera, como puede observarse en las fotos, este sifón está compuesto de 2 conductos, los cuales están provistos de rejilla de protección. La estructura de entrada se encuentra en buen estado de conservación, sin embargo requiere la limpieza de basuras y objetos extraños. El borde del canal de transición presenta fisuras y la poza de sedimentación presenta vegetación.

Por otro lado la estructura de salida del sifón se encuentra en buen estado de conservación, sin embargo la losa de fondo se encuentra colmatado de basura. La estructura de registro presenta una tapa prefabricada en buen estado. La cámara de descarga y su rampa de acceso se encuentran lleno de basura.



**EVALUACIÓN DE SIFONES**

FECHA: 05/01/2017

TIPO DE ESTRUCTURA: SIFON 2.00 X 1.50M

UBICACIÓN: 156+718.62

	Estado	
	L.D.	L.I.
1.- Libre de fisuras y/o grietas en los elementos de concreto de la alcantarilla.	SÍ	NO
2.- Juntas de dilatación en buen estado.	SÍ	SÍ
3.- Encauzamiento del curso del agua.	SÍ	SÍ
4.- Libre de suciedad o elementos extraños.	NO	NO
5.- Funcionamiento hidráulico.	SÍ	SÍ

**OBSERVACIONES**

Presencia de basura en la estructura de entrada  
Empozamiento de agua en la estructura de salida.  
Fisuras en el enboquillado de piedra (estructura de salida)

**FOTOGRAFÍAS**

**LADO DERECHO (L.D.)**



**LADO IZQUIERDO (L.I.)**





### **EVALUACIÓN N° 3**

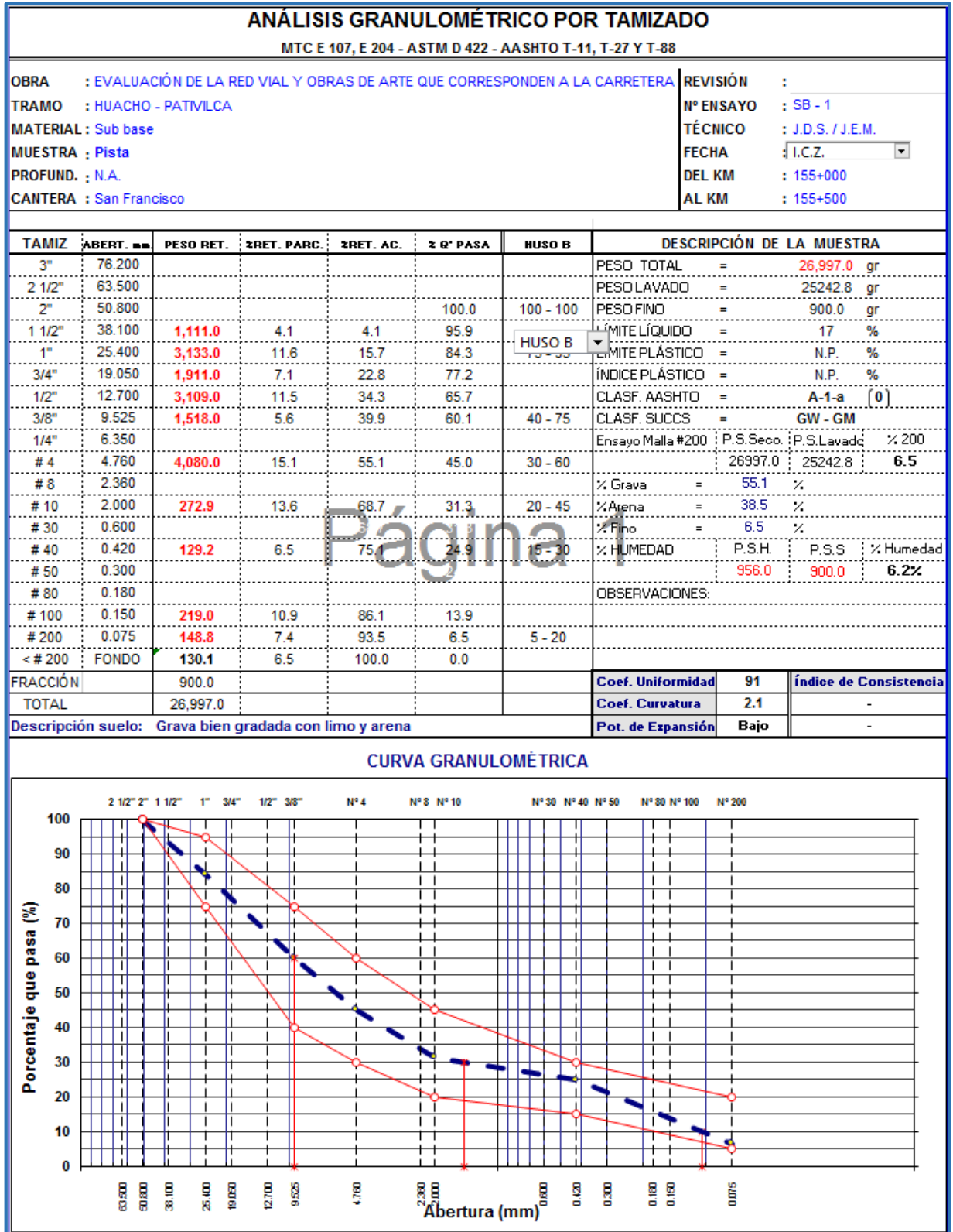
El sifón ubicado en el KM 156+718.62 es de 2.00 m x 1.50 m

Dirigiendonos de sur a norte, la entrada al sifón se encuentra en el lado derecho de la carretera, como puede observarse en las fotos la estructura de entrada se encuentra en buen estado de conservación pero requiere de limpieza. En la poza de sedimentación se aprecia la acumulación de basura. La estructura de registro presenta una tapa prefabricada en buen estado. Entrada de canal al sifón en buen estado de conservación.

La estructura de salida del sifón se encuentra en buen estado de conservación a excepción del alero. Se requiere limpieza en fondo del canal.



# ANEXO N°02: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS PARA MATERIAL DE SUB BASE







HUMEDAD NATURAL ASTM D 2216; MTC E 108			
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA	Nº ENSAYO	: SB-1
MATERIAL	: Sub base	TÉCNICO	: J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista	FECHA	: 17/11/2016
PROFUND.	: N.A.	DEL KM	: 155+000.
CANTERA	: San Francisco	AL KM	: 155+500.
DATOS			
Nº de Ensayo	1	2	
Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.)	827.70	773.95	
Peso de Mat. Seco + Tara (gr.)	779.22	727.88	
Peso de Tara (gr.)			
Peso de Agua (gr.)	48.48	46.07	
Peso Mat. Seco (gr.)	779.22	727.88	
Humedad Natural (%)	6.22	6.33	
Promedio de Humedad Natural (%)	6.28		
OBSERVACIONES:			
.....			
.....			
.....			



<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>				
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90				
TRAMO	: HUACHO - PATIVLCA		Nº ENSAYO	: 8B-1
MATERIAL	: Sub base		TÉCNICO	: J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista		FECHA	: 17/11/2016
PROFUND.	: N.A.		DEL KM	: 155+000
CANTERA	: San Francisco		AL KM	: 155+500
LÍMITE LÍQUIDO				
Nº TARRO	16	18	21	
TARRO + SUELO HÚMEDO	36.60	37.25	35.81	
TARRO + SUELO SECO	34.37	35.09	34.01	
AGUA	2.23	2.16	1.80	
PESO DEL TARRO	22.61	22.59	22.59	
PESO DEL SUELO SECO	11.76	12.50	11.42	
% DE HUMEDAD	18.96	17.28	15.76	
Nº DE GOLPES	15	22	31	
LÍMITE PLÁSTICO				
Nº TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				
DIAGRAMA DE FLUIDEZ				
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES		
LÍMITE LÍQUIDO	16.7			
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.			
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.			



## PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO

MTC E- 206, ASTM C-127, AASHTO T-85

OBRA : EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A	REVISIÓN :
TRAMO : HUACHO - PATIVILCA	N° ENSAYO: SB - 1
MATERIAL : Sub base	TÉCNICO : J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA : Pista	FECHA : 17/11/2016
PROFUND. : N.A.	DEL KM : 155+000
CANTERA : San Francisco	AL KM : 155+500

### DATOS DE LA MUESTRA

### AGREGADO GRUESO

A	Peso material saturado superf. seco (en aire ) (gr)	1454.7	1515.4		
B	Peso material saturado superf. seco (en agua ) (gr)	943.8	982.8		
C	Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm <sup>3</sup> )	510.9	532.6		
D	Peso material seco en estufa ( 105 °C )(gr)	1446.6	1505.4		
E	Volumen de masa = C- ( A - D ) (cm <sup>3</sup> )	502.8	522.6		PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.831	2.827		2.829
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.847	2.845		2.846
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.877	2.881		2.879
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	0.560	0.664		0.61%

OBSERVACIONES:

.....

.....

.....

.....

.....



ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO						
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA				REVISIÓN	:
TRAMO	: HUACHO - PATIVLCA				Nº ENSAYO	: SB - 1
MATERIAL	: Sub base				TÉCNICO	: J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista				FECHA	: 17/11/2016
PROFUND.	: N.A.				DEL KM	: 155+000
CANTERA	: San Francisco				AL KM	: 155+500
COMPACTACIÓN						
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	: "C"					
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	: 56					
NUMERO DE CAPAS	: 5					
NUMERO DE ENSAYO						
	1	2	3	4		
PESO (SUELO + MOLDE) (gr)	11123	11314	11464	11390		
PESO DE MOLDE (gr)	6420	6420	6420	6420		
PESO SUELO HÚMEDO (gr)	4703	4894	5044	4970		
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2125	2125	2125	2125		
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.213	2.303	2.374	2.339		
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.123	2.170	2.198	2.131		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
RECIPIENTE Nº	s/n	s/n	s/n	s/n		
PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (gr)	419.00	450.00	440.00	445.00		
PESO (SUELO SECO + TARA) (gr)	402.00	424.00	407.50	405.50		
PESO DE LA TARA (gr)						
PESO DE AGUA (gr)	17.00	26.00	32.50	39.50		
PESO DE SUELO SECO (gr)	402.00	424.00	407.50	405.50		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.23	6.13	7.98	9.74		
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.198		ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			
M.D.S CORREGIDA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.316		O.C.H. CORREGIDO (%)			
			7.83			
			6.30			
CURVA DE COMPACTACIÓN						



<b>CORRECCIÓN DEL PROCTOR MODIFICADO POR GRAVA</b>			
<b>ASTM D-4718</b>			
<i>A. Corrección para el Contenido de Humedad (MC) - Muestra Total</i>			
3/4"	22.8	% retenido en 3/4"	
C.H.	1.1	%	
3/4"	77.2	% pasante en 3/4"	
C.H.	7.8	%	
C.H. Corregido= (0.228 x 1.120) + (0.772 x 7.82984416556385) =			6.3
<i>B. Corrección para Máxima Densidad Seca de Muestra Total</i>			
	2.198	gr/cm3 Valor del Proctor sin corrección (Ver curva adjunta)	
<b>Página 2</b>			
$DCS = [ 100 * (Df) * (Gm) * (Dw)] / [(Df * Pc) + (Gm * Dw * Pf)]$			
DSC =	Corrección de peso unitario seco del Material Total calcula		=
Df =	Optima Densidad Seca Fracción Fina		= 2.198
Gm =	Peso Especifico de Grava		= 2.829
Dw =	Peso Unitario de Agua		= 1
Pc =	Porcentaje de Sobretamaño		= 22.8
Pf =	Porcentaje de Fracción Fina		= 77.2
DCS =	2.316	gr/cm3	
C.H. Corregido	6.30		
Densidad Seca Corregida	2.316		
<b>1. Si el valor del porcentaje retenido en la malla 3/4" es mayor a 30%, la corrección no es valida por este método. Realizar el cálculo usando el porcentaje retenido como 30% y como pasante 70%</b>			
<b>OBSERVACIONES:</b>			
.....			
.....			



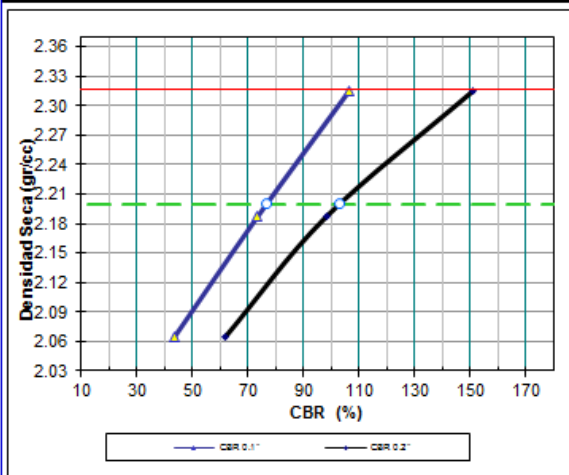
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA PANAME					REVISIÓN	:						
TRAMO	: HUACHO - PATVILCA					N° ENSAYO	: SB-1						
MATERIAL	: Sub base					TÉCNICO	: J.D.S. / J.E.M.						
MUESTRA	: Pista					FECHA	: 17/11/2016						
PROFUND.	: N.A.					DEL KM	: 155+000						
CANTERA	: San Francisco					AL KM	: 155+500						
DATOS DEL PROCTOR			DATOS DE LA MUESTRA			DATOS DE LA PRENSA							
MÁXIMA DENSIDAD SECA	:	2.316	g/cm <sup>3</sup>	CLASF. (SUCS)	:	GW - GM							
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	6.30	%	CLASF. (AASHTO)	:	A-1-a (0)							
			CAPACIDAD	:	10000	Lbs.							
			ANILLO	:	1								
<b>ENSAYO DE CBR</b>													
<b>MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193</b>													
Molde N°		1		2		3							
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 (gr)		14262		14077		13860							
Peso de molde (gr)		9125		9200		9230							
Peso del suelo húmedo (gr)		5137		4877		4630							
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )		2087		2100		2104							
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )		2.461		2.322		2.201							
Humedad (%)		6.32		6.15		6.57							
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )		2.315		2.187		2.065							
Tarro N°		S/N		S/N		S/N							
Tarro + Suelo húmedo (gr)		437.20		447.10		462.50							
Tarro + Suelo seco (gr)		411.20		421.21		434.00							
Peso del Agua (gr)		26.00		25.89		28.50							
Peso del tarro (gr)													
Peso del suelo seco (gr)		411.20		421.21		434.00							
Humedad (%)		6.32		6.15		6.57							
Promedio de Humedad (%)		6.32		6.15		6.57							
<b>EXPANSIÓN</b>													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN						
				mm	%		mm	%					
<b>NO EXPANSIVO</b>													
<b>PENETRACIÓN</b>													
PENETRACIÓN pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		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		75	15			45	9			35	7		
0.050		128	26			100	21			58	12		
0.075		217	45			145	30			90	19		
0.100	70.3	335	69	75.0	106.7	240	49	51.70	73.5	145	30	30.68	43.6
0.150		565	116			376	77			232	48		
0.200	105.5	790	163	159.5	151.2	506	104	103.74	98.4	315	65	65.55	62.2
0.250		977	201			618	127			410	84		
0.300		1148	237			743	153			498	103		
0.400		1426	294			875	180			648	134		
0.500		1625	335			1026	211			825	170		



### ENSAYO DE CBR

OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA	REVISIÓN	00 - Pagina 2 de 2
TRAMO	: HUACHO - PATIVLCA	Nº ENSAYO:	SB - 1
MATERIAL	: Sub base	TÉCNICO:	J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista	FECHA:	17/11/2016
PROFUND.	: N.A.	DEL KM:	155+000.
CANTERA	: San Francisco	AL KM:	155+500.

### GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



#### DATOS DE LA MUESTRA

CLASF. (SUCS):	GW - GM
CLASF. (AASHTO):	A-1-a (0)

#### RESULTADOS:

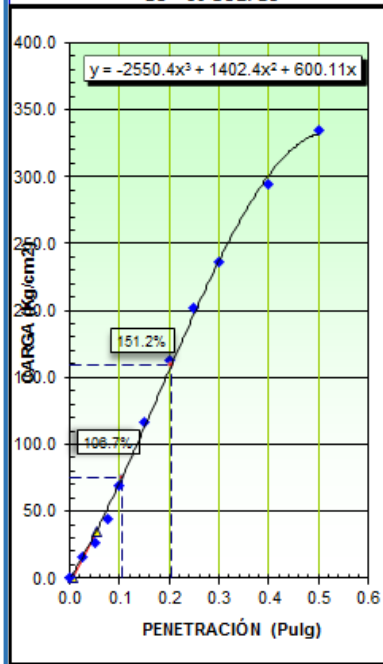
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	106.7	0.2":	151.2
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	77.0	0.2":	103.0

#### Datos del Proctor

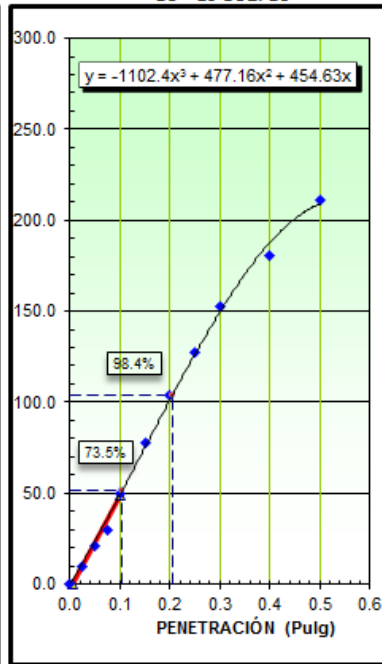
Densidad Seca	2.316	gr/cc
Óptimo Humedad	6.30	%

#### OBSERVACIONES:

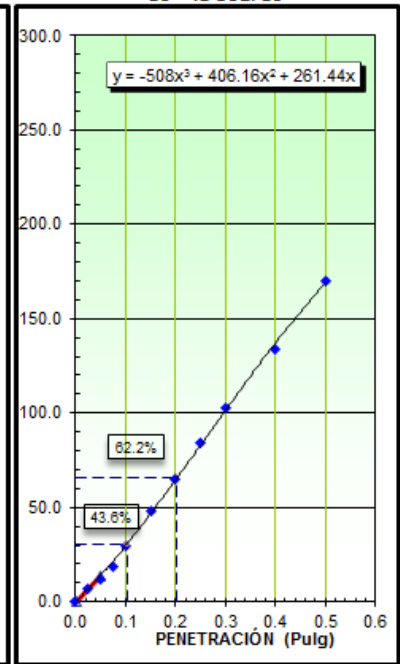
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES





<b>EQUIVALENTE DE ARENA</b>				
MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T-176				
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDE	REVISIÓN	:	
TRAMO	: HUACHO - PATIVLCA	N° ENSAYO	: SB-1	
MATERIAL	: Sub base	TÉCNICO	: J.D.S. / J.E.M.	
MUESTRA	: Pista	FECHA	: 17/11/2016	
PROFUND.	: N.A.	DEL KM	: 155+000	
CANTERA	: San Francisco	AL KM	: 155+500	
Página 1				
MUESTRA	IDENTIFICACIÓN			
	1	2	3	4
Hora de entrada a saturación	16:08	16:10	16:12	
Hora de salida de saturación (más 10')	16:18	16:20	16:22	
Hora de entrada a decantación	16:20	16:22	16:24	
Hora de salida de decantación (más 20')	16:40	16:42	16:44	
Altura máxima de material fino	mm	127.00	129.00	127.00
Altura máxima de la arena	mm	87.00	89.00	87.00
Equivalente de arena	%	69	69	69
Equivalente de arena promedio	%	69.0		
Resultado equivalente de arena	%	69		
Observaciones:				
.....				
.....				
.....				





### ENSAYO DE ABRASIÓN ( MÁQUINA DE LOS ÁNGELES )

MTC E 207 - ASTM C 535 - AASHTO T-96

OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A	REVISIÓN	:
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA	Nº ENSAYO	: SB-1
MATERIAL	: Sub base	TÉCNICO	: J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista	FECHA	: 17/11/2016
PROFUND.	: N.A.	DEL KM	: 155+000
CANTERA	: San Francisco	AL KM	: 155+500

Tamiz Pasa - Retiene	Gradaciones			
	A	B	C	D
1 1/2" - 1"	1250.0			
1" - 3/4"	1250.0			
3/4" - 1/2"	1250.0			
1/2" - 3/8"	1250.0			
3/8" - 1/4"				
1/4" - Nº 4				
Nº 4 - Nº 8				
Peso Total	5000.0			
(%) Retenido en la malla Nº 12	4163.0			
(%) Que pasa en la malla Nº 12	837.0			
Nº de esferas	12			
Peso de las esferas (gr)	5000 ± 25			
% Desgaste	16.7%			

OBSERVACIONES :

.....

.....

.....

.....



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

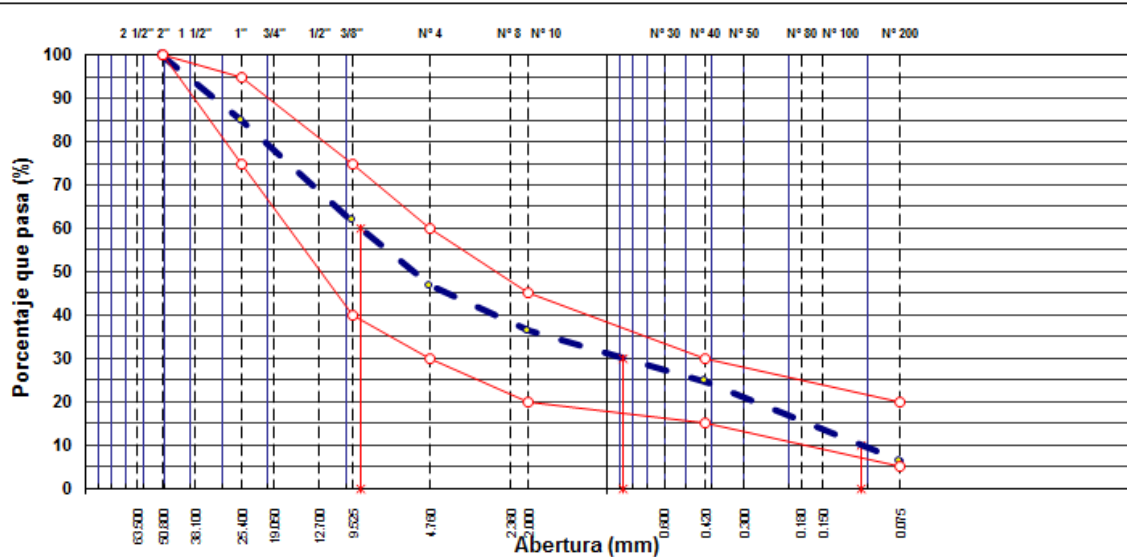
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

OBRA : EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA  
 TRAMO : HUACHO - PATMILCA  
 MATERIAL : Sub base  
 MUESTRA : Pista  
 PROFUND. : N.A.  
 CANTERA : San Francisco

REVISIÓN :  
 Nº ENSAYO : Sb - 2  
 TÉCNICO : J.D.S. / J.E.M.  
 FECHA : I.C.Z.  
 DEL KM : 156+500  
 AL KM : 157+000

TAMIZ	ABERT. mm	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO B	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200						PESO TOTAL = 25.278.0 gr	
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 23677.7 gr	
2"	50.800				100.0	100 - 100	PESO FINO = 527.6 gr	
1 1/2"	38.100	1,231.0	4.9	4.9	95.1		LÍMITE LÍQUIDO = 17 %	
1"	25.400	2,590.0	10.3	15.1	84.9		LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %	
3/4"	19.050	1,869.0	7.4	22.5	77.5	HUSO B	ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %	
1/2"	12.700	2,151.0	8.5	31.0	69.0		CLASF. AASHTO = A-1-a (0)	
3/8"	9.525	1,813.0	7.2	38.2	61.8	40 - 75	CLASF. SUCCS = GP - GM	
1/4"	6.350						Ensayo Malla #200 P.S. Seco. P.S. Lavado % 200	
# 4	4.760	3,832.0	15.2	53.4	46.7	30 - 60	25278.0 23677.7 6.3	
# 8	2.360						% Grava = 53.4 %	
# 10	2.000	117.8	10.4	63.8	36.2	20 - 45	% Arena = 40.3 %	
# 30	0.600						% Fino = 6.3 %	
# 40	0.420	132.0	11.7	75.4	24.6	15 - 30	% HUMEDAD P.S.H. P.S.S. % Humedad	
# 50	0.300						550.0 527.6 4.2%	
# 80	0.180						OBSERVACIONES:	
# 100	0.150	129.5	11.5	86.9	13.1			
# 200	0.075	76.7	6.8	93.7	6.3	5 - 20		
< # 200	FONDO	71.6	6.3	100.0	0.0			
FRACCIÓN		527.6					Coef. Uniformidad 83 Índice de Consistencia	
TOTAL		25,278.0					Coef. Curvatura 0.8 -	
Descripción suelo: Grava pobremente gradada con limo y arena							Pot. de Expansión	Bajo -

### CURVA GRANULOMÉTRICA





### HUMEDAD NATURAL ASTM D 2216; MTC E 108

OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 155+000 - KM 160+000 UBICADO EN EL DISTRITO DE HUAURA, PROVINCIA DE HUAURA, DEPARTAMENTO DE LIMA	REVISIÓN	:	
TRAMO	: HUACHO - PATIVLCA	Nº ENSAYO	:	Sb-2
MATERIAL	: Sub base	TÉCNICO	:	J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista	FECHA	:	06/11/2016
PROFUND.	: N.A.	DEL KM	:	156+500.
CANTERA	: San Francisco	AL KM	:	157+000.

#### DATOS

Nº de Ensayo	1	2	
Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.)	550.00	514.28	
Peso de Mat. Seco + Tara (gr.)	527.60	493.30	
Peso de Tara (gr.)			
Peso de Agua (gr.)	22.40	20.98	
Peso Mat. Seco (gr.)	527.60	493.30	
Humedad Natural (%)	4.25	4.25	
Promedio de Humedad Natural (%)	4.25		

OBSERVACIONES:

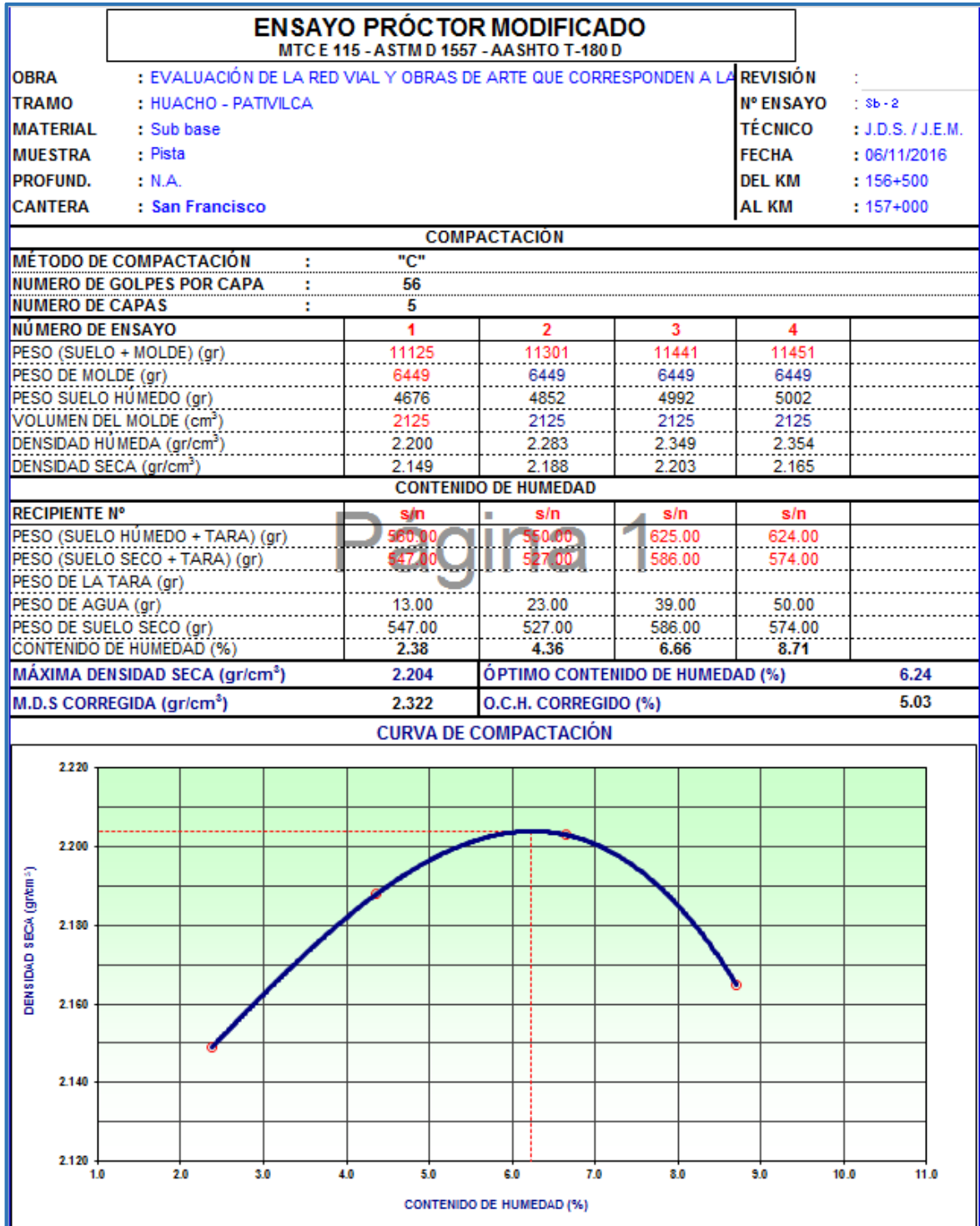
.....

.....

.....



<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>			
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90			
OBRA : EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA		N° ENSAYO :	
TRAMO : HUACHO - PATIVILCA		N° ENSAYO : Sb - 2	
MATERIAL : Sub base		TÉCNICO : J.D.S. / J.E.M.	
MUESTRA : Pista		FECHA : 06/11/2016	
PROFUND. : N.A.		DEL KM : 156+500	
CANTERA : San Francisco		AL KM : 157+000	
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>			
N° TARRO	30	28	26
TARRO + SUELO HÚMEDO	35.43	38.59	34.62
TARRO + SUELO SECO	33.33	36.21	33.02
AGUA	2.10	2.38	1.60
PESO DEL TARRO	22.60	22.60	22.59
PESO DEL SUELO SECO	10.73	13.61	10.43
% DE HUMEDAD	19.57	17.49	15.34
N° DE GOLPES	14	21	32
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			
N° TARRO			
TARRO + SUELO HÚMEDO	Página 1 N.P.		
TARRO + SUELO SECO	N.P.		
AGUA	N.P.		
PESO DEL TARRO	N.P.		
PESO DEL SUELO SECO	N.P.		
% DE HUMEDAD	N.P.		
<b>DIAGRAMA DE FLUIDEZ</b>			
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES	
LÍMITE LÍQUIDO	16.6		
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.		
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.		





<b>CORRECCIÓN DEL PROCTOR MODIFICADO POR GRAVA</b>			
<b>ASTM D-4718</b>			
<i>A. Corrección para el Contenido de Humedad (MC) - Muestra Total</i>			
3/4"	22.5	% retenido en 3/4"	
C.H.	0.9	%	
3/4"	77.5	% pasante en 3/4"	
C.H.	6.2	%	
C.H. Corregido=		$(0.2251 \times 0.880) + (0.7749 \times 6.23614882365494) =$	5.0
<i>B. Corrección para Máxima Densidad Seca de Muestra Total</i>			
	2.204	gr/cm3 Valor del Proctor sin corrección (Ver curva adjunta)	
<b>Página 2</b>			
$DCS = [ 100 * (Df) * (Gm) * (Dw) ] / [ (Df * Pc) + (Gm * Dw * Pf) ]$			
DSC =	Corrección de peso unitario seco del Material Total calcul:		=
Df =	Optima Densidad Seca Fracción Fina		= 2.204
Gm =	Peso Especifico de Grava		= 2.846
Dw =	Peso Unitario de Agua		= 1
Pc =	Porcentaje de Sobretamaño		= 22.51
Pf =	Porcentaje de Fracción Fina		= 77.49
DCS =	2.322	gr/cm3	
C.H. Corregido	5.03		
Densidad Seca Corregida	2.322		
<b>1. Si el valor del porcentaje retenido en la malla 3/4" es mayor a 30%, la corrección no es valida por este método. Realizar el cálculo usando el porcentaje retenido como 30% y como pasante 70%</b>			
<b>OBSERVACIONES:</b>			
.....			
.....			



## PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO

MTC E- 206, ASTM C-127, AASHTO T-85

OBRA : EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A	REVISIÓN :
TRAMO : HUACHO - PATIVILCA	Nº ENSAYO Sb - 2
MATERIAL : Sub base	TÉCNICO : J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA : Pista	FECHA : 06/11/2016
PROFUND. : N.A.	DEL KM : 156+500
CANTERA : San Francisco	AL KM : 157+000

### DATOS DE LA MUESTRA

### AGREGADO GRUESO

A	Peso material saturado superf. seco (en aire) (gr)	1454.7	1515.4		
B	Peso material saturado superf. seco (en agua) (gr)	943.8	982.8		
C	Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm <sup>3</sup> )	510.9	532.6		
D	Peso material seco en estufa ( 105 °C )(gr)	1446.6	1505.4		
E	Volumen de masa = C- ( A - D ) (cm <sup>3</sup> )	502.8	522.6		PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.831	2.827		2.829
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.847	2.845		2.846
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.877	2.881		2.879
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	0.560	0.664		0.61%

OBSERVACIONES:

.....

.....

.....

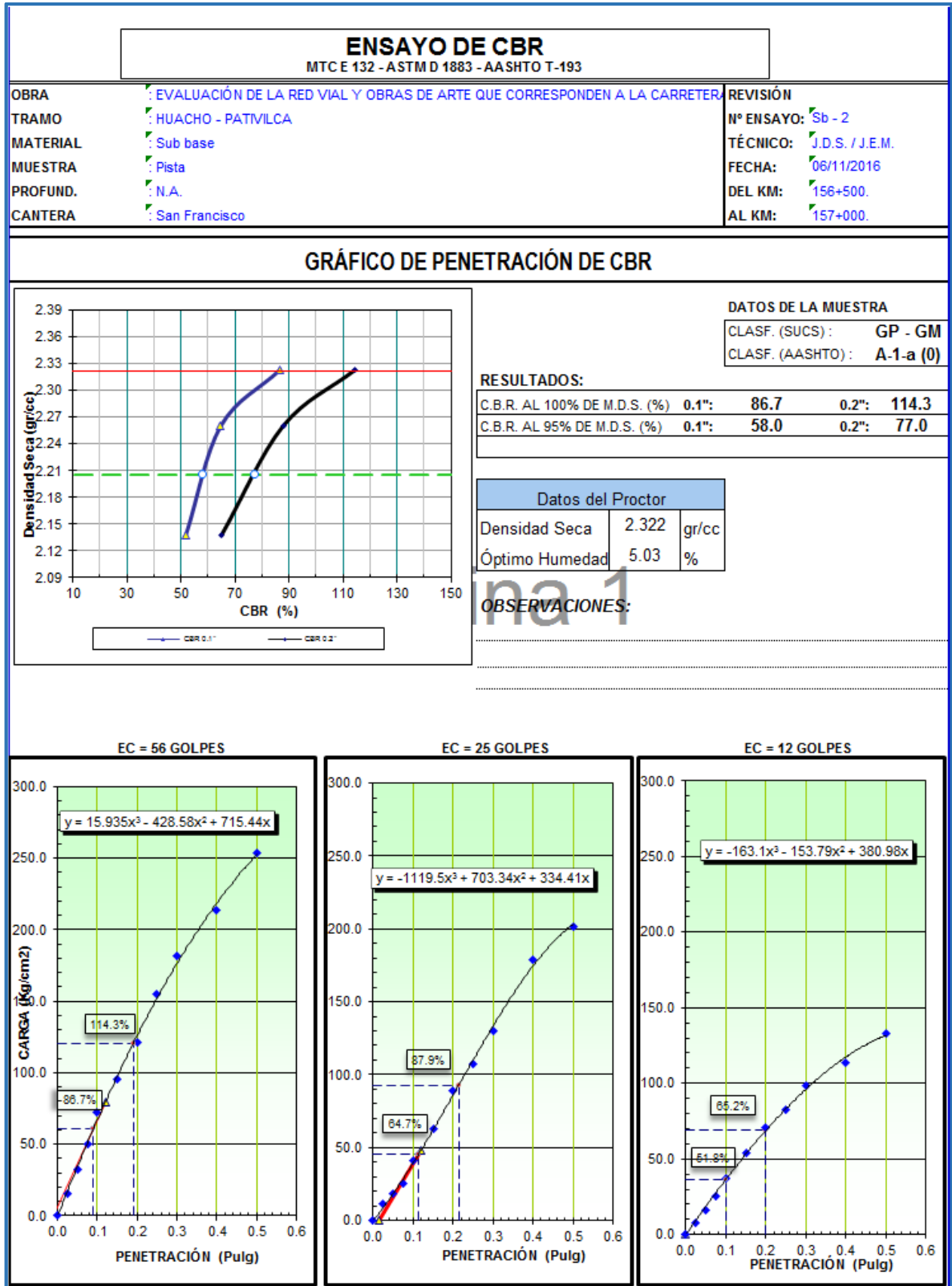
.....

.....



OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA					REVISIÓN	:						
TRAMO	: HUACHO - PATMILCA					Nº ENSAYO	: Sb-2						
MATERIAL	: Sub base					TÉCNICO	: J.D.S. / J.E.M.						
MUESTRA	: Pista					FECHA	: 06/11/2016						
PROFUND.	: N.A.					DEL KM	: 156+500						
CANTERA	: San Francisco					AL KM	: 157+000						
DATOS DEL PROCTOR			DATOS DE LA MUESTRA			DATOS DE LA PRENSA							
MÁXIMA DENSIDAD SECA	:	2.322 g/cm <sup>3</sup>	CLASF. (SUCS)	:	GP - GM	CAPACIDAD	: 10000 Lbs.						
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	5.03 %	CLASF. (AASHTO)	:	A-1-a (0)	ANILLO	: 1						
<b>ENSAYO DE CBR</b>													
<b>MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193</b>													
Molde Nº		3		5		7							
Nº Capa		5		5		5							
Golpes por capa Nº		56		25		12							
Cond. de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO						
Peso molde + suelo húmedo (gr)		14366		11999		12328							
Peso de molde (gr)		9230		6923		7605							
Peso del suelo húmedo (gr)		5136		5076		4723							
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )		2104		2139		2104							
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )		2.441		2.373		2.245							
Humedad (%)		5.07		5.02		5.05							
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )		2.323		2.260		2.137							
Tarro Nº		S/N		S/N		S/N							
Tarro + Suelo húmedo (gr)		379.60		380.60		366.40							
Tarro + Suelo seco (gr)		361.30		362.40		348.80							
Peso del Agua (gr)		18.30		18.20		17.60							
Peso del tarro (gr)													
Peso del suelo seco (gr)		361.30		362.40		348.80							
<b>Humedad (%)</b>		<b>5.07</b>		<b>5.02</b>		<b>5.05</b>							
Promedio de Humedad (%)		5.07		5.02		5.05							
<b>EXPANSIÓN</b>													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN			
				mm	%		mm	%		mm	%		
<b>NO EXPANSIVO</b>													
<b>PENETRACIÓN</b>													
PENETRACIÓN pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE Nº 3				MOLDE Nº 5				MOLDE Nº 7			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		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		75	15			55	11			39	8		
0.050		158	33			89	18			78	16		
0.075		244	50			124	26			122	25		
0.100	70.3	353	73	60.9	86.7	199	41	45.50	64.7	179	37	36.40	51.8
0.150		464	96			306	63			263	54		
0.200	105.5	590	122	120.6	114.3	432	89	92.69	87.9	344	71	68.74	65.2
0.250		750	155			521	107			399	82		
0.300		882	182			630	130			478	99		
0.400		1038	214			867	179			552	114		
0.500		1232	254			980	202			645	133		







### EQUIVALENTE DE ARENA

MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T-176

OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDE	REVISIÓN	:
TRAMO	: HUACHO - PATVILCA	Nº ENSAYO	: Sb-2
MATERIAL	: Sub base	TÉCNICO	: J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista	FECHA	: 06/11/2016
PROFUND.	: N.A.	DEL KM	: 156+500
CANTERA	: San Francisco	AL KM	: 157+000

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN			
		2	3	4
Hora de entrada a saturación		15:25	15:27	15:29
Hora de salida de saturación (más 10')		15:35	15:37	15:39
Hora de entrada a decantación		15:37	15:39	15:41
Hora de salida de decantación (más 20')		15:57	15:59	16:01
Altura máxima de material fino	mm	139.00	143.00	140.00
Altura máxima de la arena	mm	99.00	100.00	100.00
Equivalente de arena	%	72	70	72
Equivalente de arena promedio	%	71.3		
Resultado equivalente de arena	%	72		
Observaciones:				
.....				
.....				
.....				
.....				



### ENSAYO DE ABRASIÓN ( MÁQUINA DE LOS ÁNGELES )

MTC E 207 - ASTM C 535 - AASHTO T-96

OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A	REVISIÓN	:
TRAMO	: HUACHO - PATIVLCA	Nº ENSAYO	: Sb-2
MATERIAL	: Sub base	TÉCNICO	: J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista	FECHA	: 06/11/2016
PROFUND.	: N.A.	DEL KM	: 156+500
CANTERA	: San Francisco	AL KM	: 157+000

Tamiz Pasa - Retiene	Gradaciones			
	A	B	C	D
1 1/2" - 1"	1250.0			
1" - 3/4"	1250.0			
3/4" - 1/2"	1250.0			
1/2" - 3/8"	1250.0			
3/8" - 1/4"				
1/4" - Nº 4				
Nº 4 - Nº 8				
Peso Total	5000.0			
(%) Retenido en la malla Nº 12	4296.0			
(%) Que pasa en la malla Nº 12	704.0			
Nº de esferas	12			
Peso de las esferas (gr)	5000 ± 25			
% Desgaste	14.1%			

OBSERVACIONES :

.....

.....

.....

.....

.....



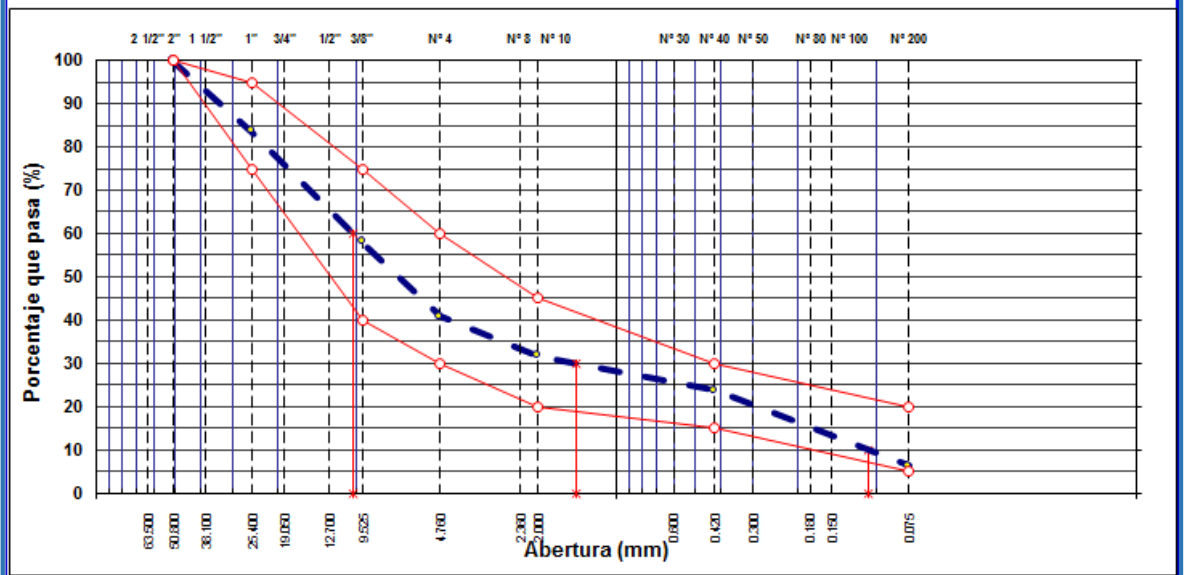
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

OBRA : EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA	REVISIÓN :
TRAMO : HUACHO - PATIVILCA	Nº ENSAYO : SB 03
MATERIAL : Sub base	TÉCNICO : J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA : Pista	FECHA : I.C.Z.
PROFUND. : N.A.	DEL KM : 157+500
CANTERA : San Francisco	AL KM : 158+000

TAMIZ	ABERT. mm	PESO RET.	RET. PARC.	RET. AC.	Q' PASA	HUSO B	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200						PESO TOTAL = 25,831.0 gr	
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 24199.4 gr	
2"	50.800				100.0	HUSO B	PESO FINO = 749.0 gr	
1 1/2"	38.100	717.0	2.8	2.8	97.2		LÍMITE LÍQUIDO = 17 %	
1"	25.400	3,526.0	13.7	16.4	83.6	75 - 95	LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %	
3/4"	19.050	2,126.0	8.2	24.7	75.3		ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %	
1/2"	12.700	2,691.0	10.4	35.1	64.9		CLASF. AASHTO = A-1-a (0)	
3/8"	9.525	1,801.0	7.0	42.1	58.0	40 - 75	CLASF. SUCCS = GW - GM	
1/4"	6.350						Ensayo Malla #200 P.S. Seco. P.S. Lavado % 200	
# 4	4.760	4,435.0	17.2	59.2	40.8	30 - 60	25831.0 24199.4 6.3	
# 8	2.360						% Grava = 59.2 %	
# 10	2.000	167.0	9.1	68.3	31.7	20 - 45	% Arena = 34.5 %	
# 30	0.600						% Fino = 6.3 %	
# 40	0.420	146.0	7.9	76.3	23.7	15 - 30	% HUMEDAD P.S.H. P.S.S. % Humedad	
# 50	0.300						796.0 747.0 6.6%	
# 80	0.180						OBSERVACIONES:	
# 100	0.150	239.0	13.0	89.3	10.7			
# 200	0.075	81.0	4.4	93.7	6.3	5 - 20		
< # 200	FONDO	116.0	6.3	100.0	0.0			
FRACCIÓN		749.0					Coef. Uniformidad 95 Índice de Consistencia	
TOTAL		25,831.0					Coef. Curvatura 1.9 -	
Descripción suelo: Grava bien gradada con limo y arena							Pot. de Expansión	Bajo -

### CURVA GRANULOMÉTRICA





### HUMEDAD NATURAL ASTM D 2216; MTC E 108

OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 155+000 - KM 160+000 UBICADO EN EL DISTRITO DE HUAURA, PROVINCIA DE HUAURA, DEPARTAMENTO DE LIMA	REVISIÓN	:	
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA	Nº ENSAYO	:	SE 03
MATERIAL	: Sub base	TÉCNICO	:	J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista	FECHA	:	23/10/2016
PROFUND.	: N.A.	DEL KM	:	157+500.
CANTERA	: San Francisco	AL KM	:	158+000.

## Página 1

### DATOS

Nº de Ensayo	1	2	
Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.)	796.00	744.30	
Peso de Mat. Seco + Tara (gr.)	747.00	698.44	
Peso de Tara (gr.)			
Peso de Agua (gr.)	49.00	45.86	
Peso Mat. Seco (gr.)	747.00	698.44	
Humedad Natural (%)	6.56	6.57	
Promedio de Humedad Natural (%)	6.56		

OBSERVACIONES:

.....

.....

.....



<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>				
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90				
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA		Nº ENSAYO	:
TRAMO	: HUACHO - PATIVLCA		Nº ENSAYO	: SB 03
MATERIAL	: Sub base		TÉCNICO	: J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista		FECHA	: 23/10/2016
PROFUND.	: N.A.		DEL KM	: 157+500
CANTERA	: San Francisco		AL KM	: 158+000
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>				
Nº TARRO	20	21	19	
TARRO + SUELO HÚMEDO	40.21	37.65	39.55	
TARRO + SUELO SECO	37.31	35.42	37.30	
AGUA	2.90	2.23	2.25	
PESO DEL TARRO	22.57	22.59	22.56	
PESO DEL SUELO SECO	14.74	12.83	14.74	
% DE HUMEDAD	19.67	17.38	15.26	
Nº DE GOLPES	13	21	33	
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>				
Nº TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				
<b>DIAGRAMA DE FLUIDEZ</b>				
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES		
LÍMITE LÍQUIDO	16.6			
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.			
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.			



ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO						
MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D						
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA				REVISIÓN	:
TRAMO	: HUACHO - PATIVLCA				Nº ENSAYO	: SB 03
MATERIAL	: Sub base				TÉCNICO	: J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista				FECHA	: 23/10/2016
PROFUND.	: N.A.				DEL KM	: 157+500
CANTERA	: San Francisco				AL KM	: 158+000
COMPACTACION						
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	: "C"					
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	: 56					
NUMERO DE CAPAS	: 5					
NUMERO DE ENSAYO	1	2	3	4		
PESO (SUELO + MOLDE) (gr)	10950	11108	11448	11362		
PESO DE MOLDE (gr)	6449	6449	6449	6449		
PESO SUELO HUMEDO (gr)	4501	4659	4999	4913		
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2125	2125	2125	2125		
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.118	2.192	2.352	2.312		
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.045	2.079	2.187	2.112		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
RECIPIENTE Nº	s/n	s/n	s/n	s/n		
PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (gr)	520.00	581.30	571.10	593.30		
PESO (SUELO SECO + TARA) (gr)	502.00	551.30	531.00	542.00		
PESO DE LA TARA (gr)						
PESO DE AGUA (gr)	18.00	30.00	40.10	51.30		
PESO DE SUELO SECO (gr)	502.00	551.30	531.00	542.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.59	5.44	7.55	9.46		
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.193		ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		8.04	
M.D.S CORREGIDA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.307		O.C.H. CORREGIDO (%)		6.29	
CURVA DE COMPACTACIÓN						



CORRECCIÓN DEL PROCTOR MODIFICADO POR GRAVA			
ASTM D-4718			
<i>A. Corrección para el Contenido de Humedad (MC) - Muestra Total</i>			
3/4"	24.7	% retenido en 3/4"	
C.H.	0.9	%	
3/4"	75.3	% pasante en 3/4"	
C.H.	8.0	%	
C.H. Corregido= (0.2466 x 0.940) + (0.7534 x 8.04163968079378) =			6.3
<i>B. Corrección para Máxima Densidad Seca de Muestra Total</i>			
	2.193	gr/cm3 Valor del Proctor sin corrección (Ver curva adjunta)	
<b>Página 2</b>			
$DCS = [ 100 * (Df) * (Gm) * (Dw) ] / [ (Df * Pc) + (Gm * Dw * Pf) ]$			
<i>DSC =</i>	<i>Corrección de peso unitario seco del Material Total calcul:</i>		=
<i>Df =</i>	<i>Optima Densidad Seca Fracción Fina</i>		= 2.193
<i>Gm =</i>	<i>Peso Especifico de Grava</i>		= 2.745
<i>Dw =</i>	<i>Peso Unitario de Agua</i>		= 1
<i>Pc =</i>	<i>Porcentaje de Sobretamaño</i>		= 24.66
<i>Pf =</i>	<i>Porcentaje de Fracción Fina</i>		= 75.34
<b>DCS =</b>	<b>2.307</b>	gr/cm3	
<i>C.H. Corregido</i>	<b>6.29</b>		
<i>Densidad Seca Corregida</i>	<b>2.307</b>		
<b>1. Si el valor del porcentaje retenido en la malla 3/4" es mayor a 30%, la corrección no es valida por este método. Realizar el cálculo usando el porcentaje retenido como 30% y como pasante 70%</b>			
<b>OBSERVACIONES:</b>			





## PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO

MTC E- 206, ASTM C-127, AASHTO T-85

OBRA : EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A	REVISIÓN : 00
TRAMO : HUACHO - PATVILCA	N° ENSAYO SB 03
MATERIAL : Sub base	TÉCNICO : J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA : Pista	FECHA : 23/10/2016
PROFUND. : N.A.	DEL KM : 157+500
CANTERA : San Francisco	AL KM : 158+000

### DATOS DE LA MUESTRA

### AGREGADO GRUESO

A	Peso material saturado superf. seco (en aire ) (gr)	1382.0	1386.0		
B	Peso material saturado superf. seco (en agua ) (gr)	879.0	880.5		
C	Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm <sup>3</sup> )	503.0	505.5		
D	Peso material seco en estufa ( 105 °C )(gr)	1376.0	1381.0		
E	Volumen de masa = C- ( A - D ) (cm <sup>3</sup> )	497.0	500.5		PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.736	2.732		2.734
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.748	2.742		2.745
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.769	2.759		2.764
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	0.436	0.362		0.40%

OBSERVACIONES:

.....

.....

.....

.....

.....



OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA					REVISIÓN	:						
TRAMO	: HUACHO - PATVILCA					Nº ENSAYO	: SB 03						
MATERIAL	: Sub base					TÉCNICO	: J.D.S. / J.E.M.						
MUESTRA	: Pista					FECHA	: 23/10/2016						
PROFUND.	: N.A.					DEL KM	: 157+500						
CANTERA	: San Francisco					AL KM	: 158+000						
DATOS DEL PROCTOR			DATOS DE LA MUESTRA			DATOS DE LA PRENSA							
MÁXIMA DENSIDAD SECA	:	2.307 g/cm <sup>3</sup>	CLASF. (SUCS)	:	GW - GM	CAPACIDAD	: 10000 Lbs.						
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	6.29 %	CLASF. (AASHTO)	:	A-1-a (0)	ANILLO	: 1						
<b>ENSAYO DE CBR</b>													
<b>MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193</b>													
Molde Nº	4		5		6								
Nº Capa	5		5		5								
Golpes por capa Nº	56		25		12								
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12250		11976		12657								
Peso de molde (gr)	7035		6923		7714								
Peso del suelo húmedo (gr)	5215		5053		4943								
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2134		2139		2182								
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.444		2.362		2.265								
Humedad (%)	6.19		6.31		6.24								
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.302		2.222		2.132								
Tarro Nº	S/N		S/N		S/N								
Tarro + Suelo húmedo (gr)	650.30		650.00		650.10								
Tarro + Suelo seco (gr)	612.40		611.40		611.90								
Peso del Agua (gr)	37.90		38.60		38.20								
Peso del tarro (gr)													
Peso del suelo seco (gr)	612.40		611.40		611.90								
Humedad (%)	6.19		6.31		6.24								
Promedio de Humedad (%)	6.19		6.31		6.24								
<b>EXPANSIÓN</b>													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN						
				mm	%		mm	%					
<b>NO EXPANSIVO</b>													
<b>PENETRACIÓN</b>													
PENETRACIÓN pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE Nº 4				MOLDE Nº 5				MOLDE Nº 6			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		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		67	14			45	9			40	8		
0.050		135	28			95	20			70	14		
0.075		248	51			156	32			85	18		
0.100	70.3	325	67	65.9	93.7	218	45	49.00	69.7	120	25	33.59	47.8
0.150		455	94			355	73			200	41		
0.200	105.5	645	133	132.1	125.3	460	95	97.66	92.6	315	65	67.38	63.9
0.250		860	177			588	121			378	78		
0.300		952	196			685	141			456	94		
0.400		1045	215			835	172			550	113		
0.500		1215	250			965	199			600	124		

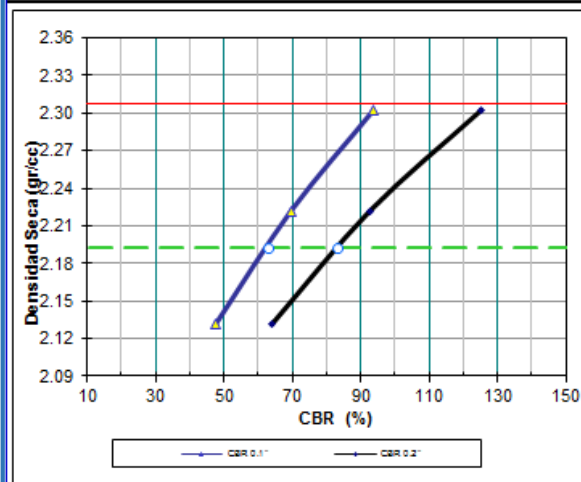


### ENSAYO DE CBR

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193

OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA	REVISIÓN	
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA	N° ENSAYO:	SB 03
MATERIAL	: Sub base	TÉCNICO:	J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista	FECHA:	23/10/2016
PROFUND.	: N.A.	DEL KM:	157+500.
CANTERA	: San Francisco	AL KM:	158+000.

### GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



#### DATOS DE LA MUESTRA

CLASF. (SUCS):	GW - GM
CLASF. (AASHTO):	A-1-a (0)

#### RESULTADOS:

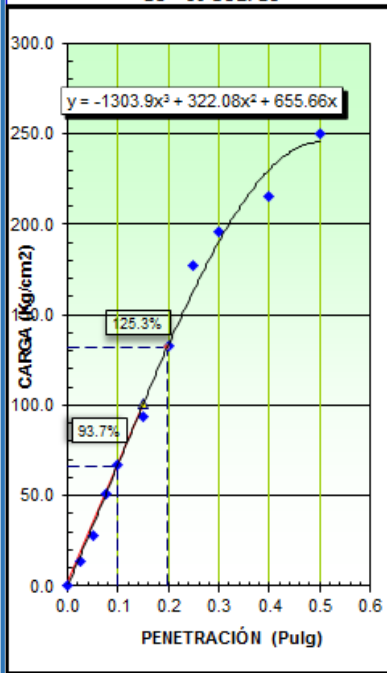
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 93.7	0.2": 125.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 63.0	0.2": 83.5

#### Datos del Proctor

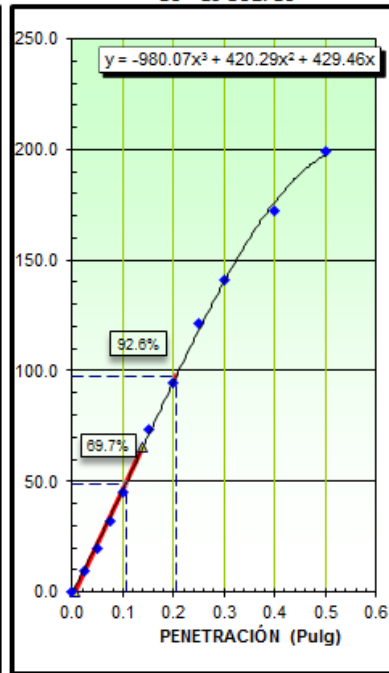
Densidad Seca	2.307	gr/cc
Óptimo Humedad	6.29	%

#### OBSERVACIONES:

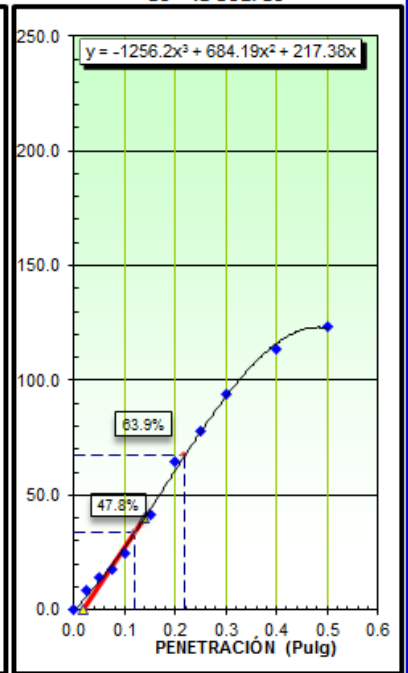
EC = 56 GOLPES

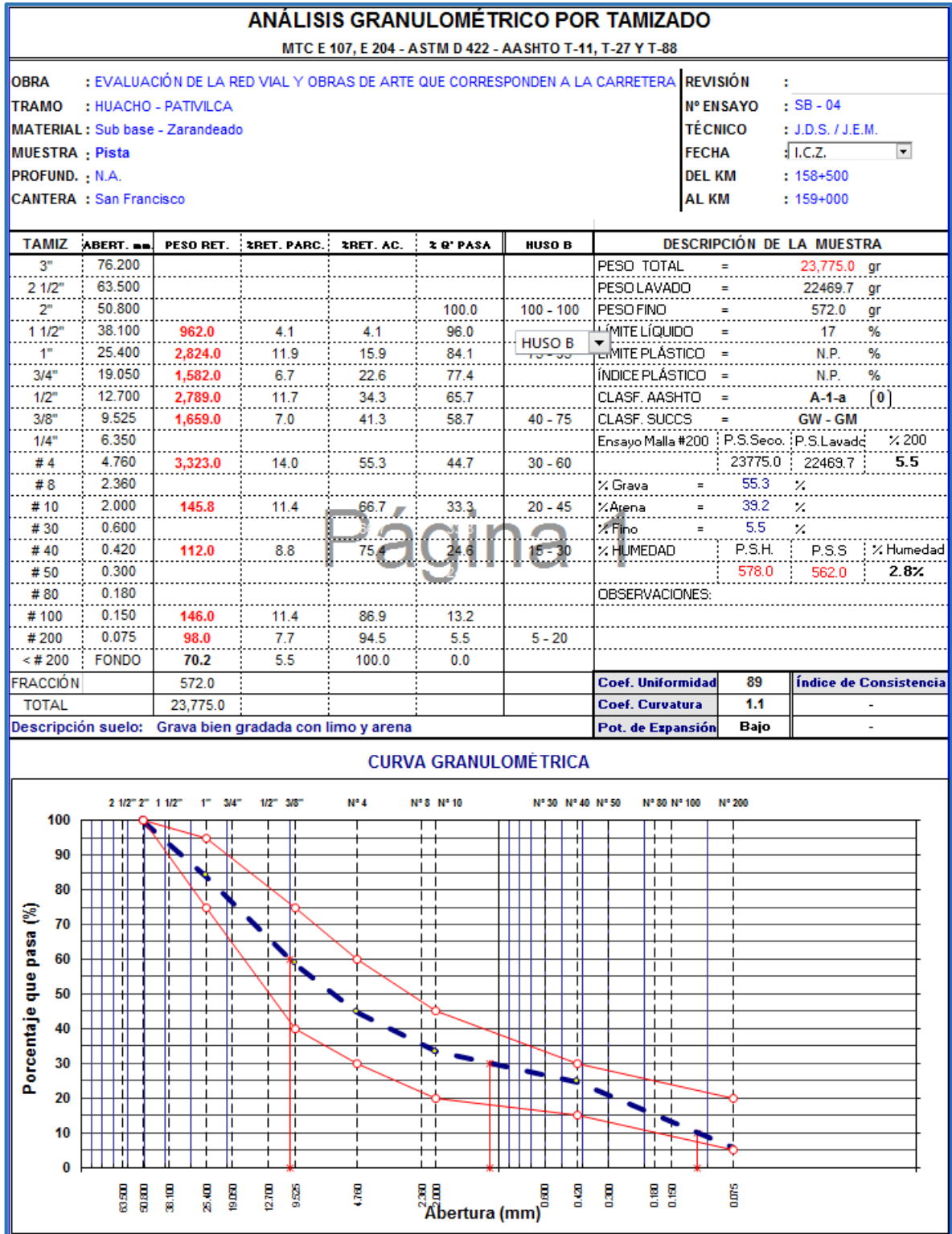


EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES







### HUMEDAD NATURAL ASTM D 2216; MTC E 108

OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 155+000 - KM 160+000 UBICADO EN EL DISTRITO DE HUAURA, PROVINCIA DE HUAURA, DEPARTAMENTO DE LIMA	REVISIÓN	:
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA	Nº ENSAYO	: SB-04
MATERIAL	: Sub base - Zarandeado	TÉCNICO	: J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista	FECHA	: 25/11/2016
PROFUND.	: N.A.	DEL KM	: 158+500.
CANTERA	: San Francisco	AL KM	: 159+000.

Página 1

#### DATOS

Nº de Ensayo	1	2	
Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.)	578.00	540.46	
Peso de Mat. Seco + Tara (gr.)	562.00	525.46	
Peso de Tara (gr.)			
Peso de Agua (gr.)	16.00	14.99	
Peso Mat. Seco (gr.)	562.00	525.46	
Humedad Natural (%)	2.85	2.85	
Promedio de Humedad Natural (%)	2.85		

OBSERVACIONES:

.....

.....

.....



<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>					
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90					
<b>OBRA</b>	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA			<b>Nº ENSAYO</b>	:
<b>TRAMO</b>	: HUACHO - PATIVLCA			<b>Nº ENSAYO</b>	: 3B-04
<b>MATERIAL</b>	: Sub base - Zarandeado			<b>TÉCNICO</b>	: J.D.S. / J.E.M.
<b>MUESTRA</b>	: Pista			<b>FECHA</b>	: 25/11/2016
<b>PROFUND.</b>	: N.A.			<b>DEL KM</b>	: 158+500
<b>CANTERA</b>	: San Francisco			<b>AL KM</b>	: 159+000
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>					
Nº TARRO	22	28	30		
TARRO + SUELO HÚMEDO	39.54	42.24	36.22		
TARRO + SUELO SECO	36.73	39.30	34.40		
AGUA	2.81	2.94	1.82		
PESO DEL TARRO	22.58	22.60	22.60		
PESO DEL SUELO SECO	14.15	16.70	11.80		
% DE HUMEDAD	19.86	17.60	15.42		
Nº DE GOLPES	13	22	34		
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>					
Nº TARRO	Página 1 N.P				
TARRO + SUELO HÚMEDO					
TARRO + SUELO SECO					
AGUA					
PESO DEL TARRO					
PESO DEL SUELO SECO					
% DE HUMEDAD					
<b>DIAGRAMA DE FLUIDEZ</b>					
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES			
LÍMITE LÍQUIDO	16.9				
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.				
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.				



ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO						
MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D						
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA				REVISIÓN	:
TRAMO	: HUACHO - PATIVLCA				Nº ENSAYO	: SB - 04
MATERIAL	: Sub base - Zarandeado				TÉCNICO	: J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista				FECHA	: 25/11/2016
PROFUND.	: N.A.				DEL KM	: 158+500
CANTERA	: San Francisco				AL KM	: 159+000
COMPACTACIÓN						
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	: "C"					
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	: 56					
NUMERO DE CAPAS	: 5					
NÚMERO DE ENSAYO						
	1	2	3	4		
PESO (SUELO + MOLDE) (gr)	10910	11156	11482	11342		
PESO DE MOLDE (gr)	6449	6449	6449	6449		
PESO SUELO HÚMEDO (gr)	4461	4707	5033	4893		
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2125	2125	2125	2125		
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.099	2.215	2.368	2.303		
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.030	2.097	2.199	2.091		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
RECIPIENTE Nº	s/n	s/n	s/n	s/n		
PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (gr)	384.80	422.60	453.50	398.60		
PESO (SUELO SECO + TARA) (gr)	371.80	400.10	421.00	362.00		
PESO DE LA TARA (gr)						
PESO DE AGUA (gr)	12.70	22.50	32.50	36.60		
PESO DE SUELO SECO (gr)	371.80	400.10	421.00	362.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.42	5.62	7.72	10.11		
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.205		ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		8.27	
M.D.S CORREGIDA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.309		O.C.H. CORREGIDO (%)		6.62	
CURVA DE COMPACTACIÓN						
<p>The graph plots Dry Density (gr/cm<sup>3</sup>) on the y-axis (ranging from 2.020 to 2.220) against Moisture Content (%) on the x-axis (ranging from 2.0 to 12.0). A smooth curve is drawn through four data points, showing a peak at approximately 2.205 gr/cm<sup>3</sup> dry density and 8.27% moisture content. Dashed red lines indicate the peak values.</p>						



CORRECCIÓN DEL PROCTOR MODIFICADO POR GRAVA			
ASTM D-4718			
<i>A. Corrección para el Contenido de Humedad (MC) - Muestra Total</i>			
3/4"	22.6	% retenido en 3/4"	
C.H.	1.0	%	
3/4"	77.4	% pasante en 3/4"	
C.H.	8.3	%	
C.H. Corregido= $(0.2258 \times 0.950) + (0.7742 \times 8.27239357336332) =$			6.6
<i>B. Corrección para Máxima Densidad Seca de Muestra Total</i>			
	2.205	gr/cm <sup>3</sup> Valor del Proctor sin corrección (Ver curva adjunta)	
<b>Página 2</b>			
$DCS = [ 100 * (Df) * (Gm) * (Dw) ] / [ (Df * Pc) + (Gm * Dw * Pf) ]$			
DSC =	Corrección de peso unitario seco del Material Total calcul:		=
Df =	Optima Densidad Seca Fracción Fina		= 2.205
Gm =	Peso Especifico de Grava		= 2.753
Dw =	Peso Unitario de Agua		= 1
Pc =	Porcentaje de Sobretamaño		= 22.58
Pf =	Porcentaje de Fracción Fina		= 77.42
DCS =	2.309	gr/cm <sup>3</sup>	
C.H. Corregido	6.62		
Densidad Seca Corregida	2.309		
<b>1. Si el valor del porcentaje retenido en la malla 3/4" es mayor a 30%, la corrección no es valida por este método. Realizar el cálculo usando el porcentaje retenido como 30% y como pasante 70%</b>			
<b>OBSERVACIONES:</b>			
.....			
.....			





## PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO

MTC E- 206, ASTM C-127, AASHTO T-85

OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A	REVISIÓN	: 00
TRAMO	: HUACHO - PATVILCA	N° ENSAYO	: SB - 04
MATERIAL	: Sub base - Zarandeado	TÉCNICO	: J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista	FECHA	: 25/11/2016
PROFUND.	: N.A.	DEL KM	: 158+500
CANTERA	: San Francisco	AL KM	: 159+000

### DATOS DE LA MUESTRA

### AGREGADO GRUESO

A	Peso material saturado superf. seco (en aire ) (gr)	1380.0	1392.0		
B	Peso material saturado superf. seco (en agua ) (gr)	877.0	888.2		
C	Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm <sup>3</sup> )	503.0	503.8		
D	Peso material seco en estufa ( 105 °C )(gr)	1374.0	1383.0		
E	Volumen de masa = C- ( A - D ) (cm <sup>3</sup> )	497.0	494.8		<b>PROMEDIO</b>
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.732	2.745		2.738
	Pe bulk ( Base saturada) = A/C	2.744	2.763		2.753
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.765	2.795		2.780
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	0.437	0.651		<b>0.54%</b>

OBSERVACIONES:

.....

.....

.....

.....

.....



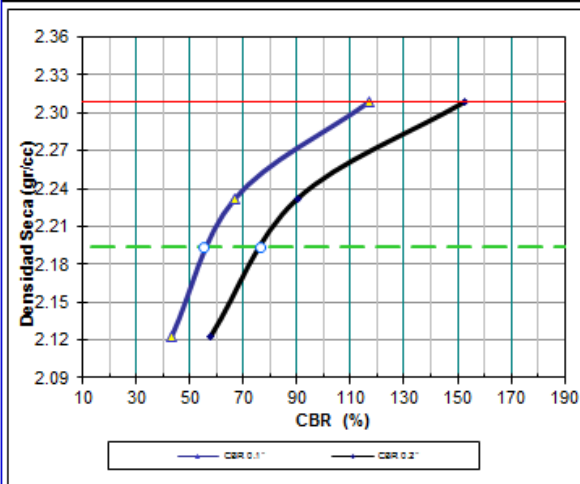
OBRA : EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA		REVISIÓN :											
TRAMO : HUACHO - PATIVILCA		Nº ENSAYO : SB-04											
MATERIAL : Sub base - Zarandeado		TÉCNICO : J.D.S. / J.E.M.											
MUESTRA : Pista		FECHA : 25/11/2016											
PROFUND. : N.A.		DEL KM : 158+500											
CANTERA : San Francisco		AL KM : 159+000											
<b>DATOS DEL PROCTOR</b>													
MÁXIMA DENSIDAD SECA :	2.309 g/cm <sup>3</sup>												
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD :	6.62 %												
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>													
CLASF. (SUCS) :	GW - GM												
CLASF. (AASHTO) :	A-1-a (0)												
<b>DATOS DE LA PRENSA</b>													
CAPACIDAD :	10000	Lbs.											
ANILLO :	1												
<b>ENSAYO DE CBR</b>													
<b>MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193</b>													
Molde Nº	1		2		3								
Nº Capa	5		5		5								
Golpes por capa Nº	56		25		12								
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso molde + suelo húmedo (gr)	14259		14199		13992								
Peso de molde (gr)	9125		9200		9230								
Peso del suelo húmedo (gr)	5134		4999		4762								
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2087		2100		2104								
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.460		2.380		2.263								
Humedad (%)	6.52		6.64		6.61								
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.309		2.232		2.123								
Tarro Nº	S/N		S/N		S/N								
Tarro + Suelo húmedo (gr)	751.00		642.00		696.50								
Tarro + Suelo seco (gr)	705.00		602.00		653.30								
Peso del Agua (gr)	46.00		40.00		43.20								
Peso del tarro (gr)													
Peso del suelo seco (gr)	705.00		602.00		653.30								
Humedad (%)	6.52		6.64		6.61								
Promedio de Humedad (%)	6.52		6.64		6.61								
<b>EXPANSIÓN</b>													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN			
				mm	%		mm	%		mm	%		
<b>NO EXPANSIVO</b>													
<b>PENETRACIÓN</b>													
PENETRACIÓN	CARGA STAND.	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3			
		CARGA	CORRECCIÓN			CARGA	CORRECCIÓN			CARGA	CORRECCIÓN		
pulg	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>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		54	11			48	10			40	8		
0.050		134	28			90	19			72	15		
0.075		247	51			125	26			89	18		
0.100	70.3	375	77	82.3	117.1	199	41	46.99	66.8	128	26	30.53	43.4
0.150		657	135			327	67			205	42		
0.200	105.5	834	172	160.8	152.5	460	95	94.99	90.1	295	61	61.13	58.0
0.250		962	198			551	114			355	73		
0.300		1120	231			661	136			435	90		
0.400		1310	270			851	175			512	106		
0.500		1560	321			1000	206			580	120		



### ENSAYO DE CBR

OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA	REVISIÓN
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA	N° ENSAYO: SB - 04
MATERIAL	: Sub base - Zarandeado	TÉCNICO: J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista	FECHA: 25/11/2016
PROFUND.	: N.A.	DEL KM: 158+500.
CANTERA	: San Francisco	AL KM: 159+000.

### GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



#### DATOS DE LA MUESTRA

CLASF. (SUCS):	GW - GM
CLASF. (AASHTO):	A-1-a (0)

#### RESULTADOS:

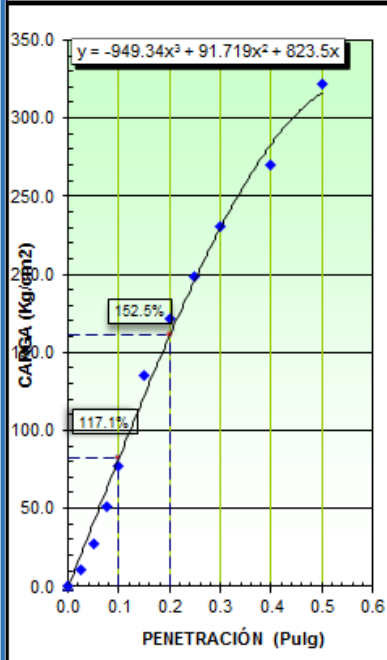
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 117.1	0.2": 152.5
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 55.0	0.2": 76.4

#### Datos del Proctor

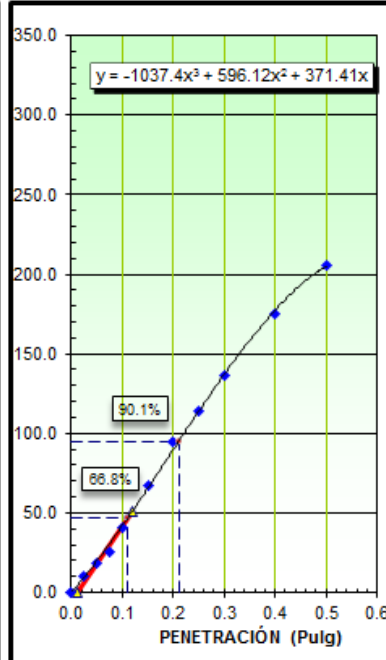
Densidad Seca	2.309	gr/cc
Óptimo Humedad	6.62	%

#### OBSERVACIONES:

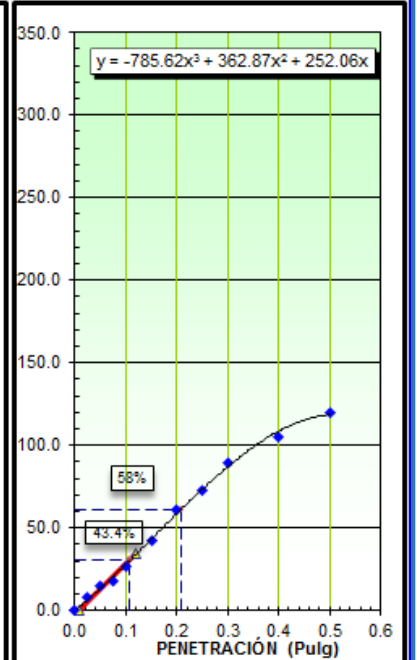
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES





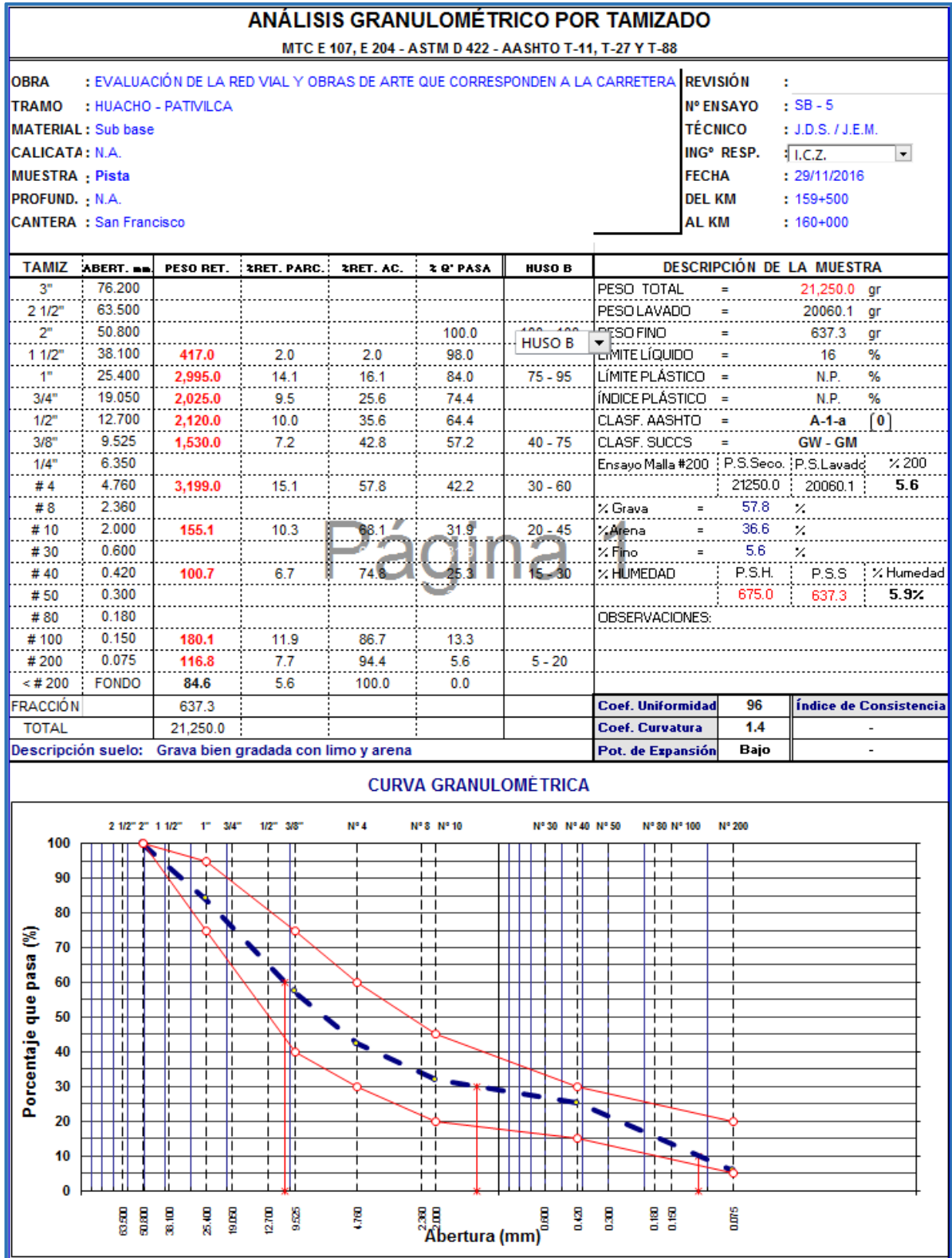
### ENSAYO DE ABRASIÓN ( MÁQUINA DE LOS ÁNGELES )

MTC E 207 - ASTM C 535 - AASHTO T-96

<b>OBRA</b> :	EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A	<b>REVISIÓN</b> :	
<b>TRAMO</b> :	HUACHO - PATIVILCA	<b>Nº ENSAYO</b> :	SB-04
<b>MATERIAL</b> :	Sub base - Zarandeado	<b>TÉCNICO</b> :	J.D.S. / J.E.M.
<b>MUESTRA</b> :	Pista	<b>FECHA</b> :	25/11/2016
<b>PROFUND.</b> :	N.A.	<b>DEL KM</b> :	158+500
<b>CANTERA</b> :	San Francisco	<b>AL KM</b> :	159+000

Tamiz Pasa - Retiene	Gradaciones			
	A	B	C	D
1 1/2" - 1"	1250.0			
1" - 3/4"	1250.0			
3/4" - 1/2"	1250.0			
1/2" - 3/8"	1250.0			
3/8" - 1/4"				
1/4" - Nº 4				
Nº 4 - Nº 8				
Peso Total	5000.0			
(%) Retenido en la malla Nº 12	4324.0			
(%) Que pasa en la malla Nº 12	676.0			
Nº de esferas	12			
Peso de las esferas (gr)	5000 ± 25			
% Desgaste	13.5%			

**OBSERVACIONES :**  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....





### HUMEDAD NATURAL ASTM D 2216; MTC E 108

OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPON	REVISIÓN	:
TRAMO	: HUACHO - PATVILCA	Nº ENSAYO	: SB-5
MATERIAL	: Sub base	TÉCNICO	: J.D.S. / J.E.M.
CALICATA	: N.A.	INGº RESP.	: I.C.Z.
MUESTRA	: Pista	FECHA	: 29/11/2016
PROFUND.	: N.A.	DEL KM	: 159+500.
CANTERA	: San Francisco	AL KM	: 160+000.

Página 1

#### DATOS

Nº de Ensayo	1	2	
Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.)	675.00	631.16	
Peso de Mat. Seco + Tara (gr.)	637.33	595.90	
Peso de Tara (gr.)			
Peso de Agua (gr.)	37.67	35.26	
Peso Mat. Seco (gr.)	637.33	595.90	
Humedad Natural (%)	5.91	5.92	
<b>Promedio de Humedad Natural (%)</b>	<b>5.91</b>		

OBSERVACIONES:

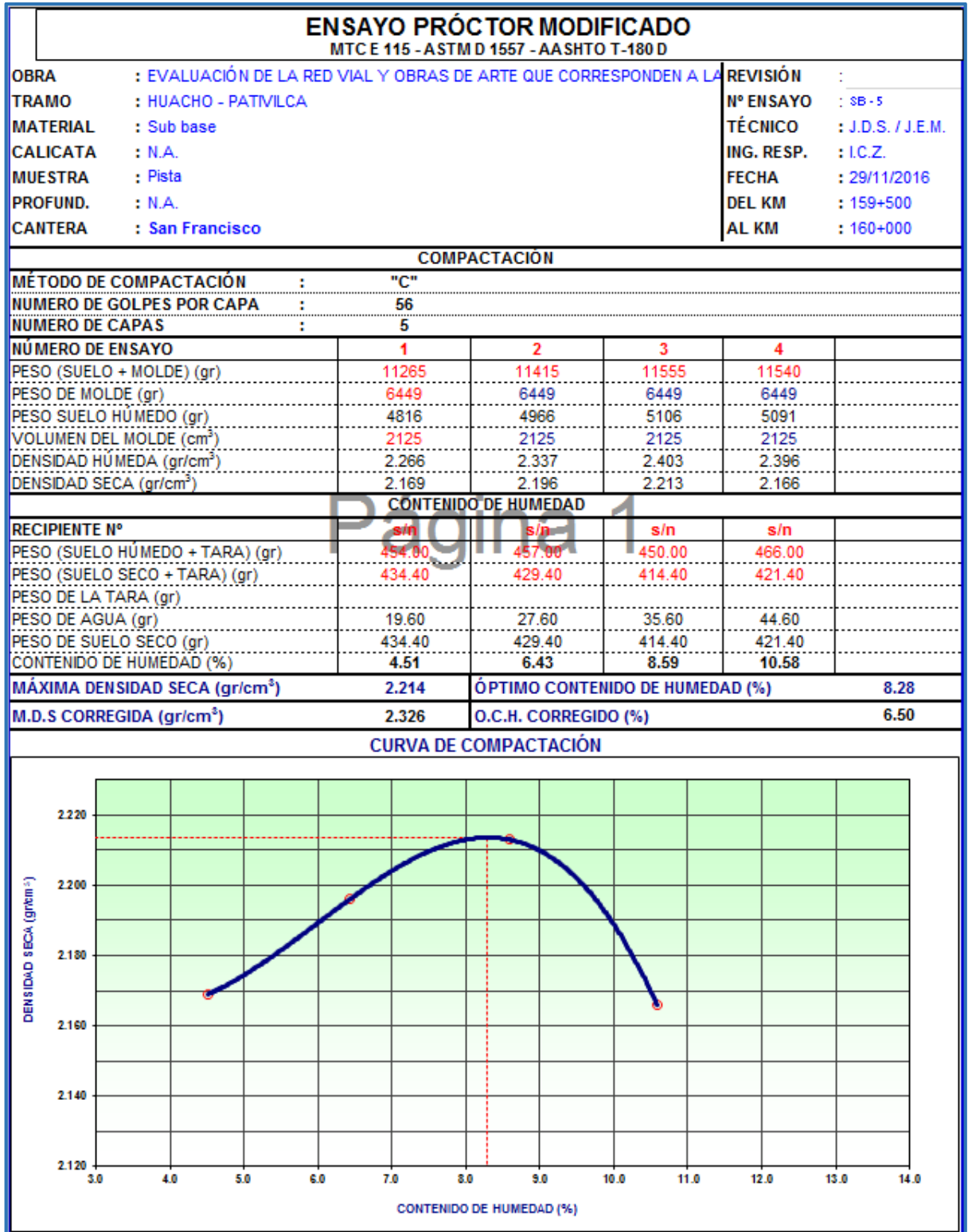
.....

.....

.....



LÍMITES DE ATTERBERG				
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90				
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA		Nº ENSAYO	:
TRAMO	: HUACHO - PATIVLCA		Nº ENSAYO	: SB-5
MATERIAL	: Sub base		TÉCNICO	: J.D.S. / J.E.M.
CALICATA	: N.A.		INGº RESP.	: I.C.Z.
MUESTRA	: Pista		FECHA	: 29/11/2016
PROFUND.	: N.A.		DEL KM	: 159+500
CANTERA	: San Francisco		AL KM	: 160+000
LÍMITE LÍQUIDO				
Nº TARRO	3	7	9	
TARRO + SUELO HÚMEDO	43.86	42.81	41.81	
TARRO + SUELO SECO	40.26	39.70	39.10	
AGUA	3.60	3.11	2.71	
PESO DEL TARRO	21.15	21.19	21.30	
PESO DEL SUELO SECO	19.11	18.51	17.80	
% DE HUMEDAD	18.84	16.80	15.22	
Nº DE GOLPES	14	22	30	
LÍMITE PLÁSTICO				
Nº TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				
DIAGRAMA DE FLUIDEZ				
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES		
LÍMITE LÍQUIDO	16.1			
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.			
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.			







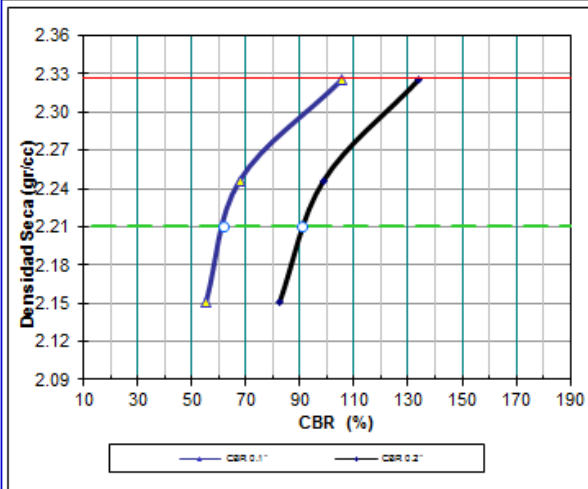
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA PANAME					REVISIÓN	:						
TRAMO	: HUACHO - PATVILCA					Nº ENSAYO	: SB-5						
MATERIAL	: Sub base					TÉCNICO	: J.D.S. / J.E.M.						
CALICATA	: N.A.					INGº RESP.	: I.C.Z.						
MUESTRA	: Pista					FECHA	: 29/11/2016						
PROFUND.	: N.A.					DEL KM	: 159+500						
CANTERA	: San Francisco					AL KM	: 160+000						
DATOS DEL PROCTOR			DATOS DE LA MUESTRA			DATOS DE LA PRENSA							
MÁXIMA DENSIDAD SECA	:	2.326 g/cm <sup>3</sup>	CLASF. (SUCS):	GW - GM		CAPACIDAD	: 10000 Lbs.						
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	6.50 %	CLASF. (AASHTO)	A-1-a (0)		ANILLO	: 1						
<b>ENSAYO DE CBR</b>													
<b>MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193</b>													
Molde Nº	4		5		6								
Nº Capa	5		5		5								
Golpes por capa Nº	56		25		12								
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12326		12048		12722								
Peso de molde (gr)	7035		6923		7714								
Peso del suelo húmedo (gr)	5291		5125		5008								
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2134		2139		2182								
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.479		2.396		2.295								
Humedad (%)	6.61		6.66		6.70								
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.325		2.246		2.151								
Tarro Nº	S/N		S/N		S/N								
Tarro + Suelo húmedo (gr)	355.00		387.60		356.60								
Tarro + Suelo seco (gr)	333.00		363.40		334.20								
Peso del Agua (gr)	22.00		24.20		22.40								
Peso del tarro (gr)													
Peso del suelo seco (gr)	333.00		363.40		334.20								
Humedad (%)	6.61		6.66		6.70								
Promedio de Humedad (%)	6.61		6.66		6.70								
<b>EXPANSIÓN</b>													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN			
				mm	%		mm	%		mm	%		
<b>NO EXPANSIVO</b>													
<b>PENETRACIÓN</b>													
PENETRACIÓN	CARGA STAND.	MOLDE Nº 4				MOLDE Nº 5				MOLDE Nº 6			
		CARGA	CORRECCIÓN			CARGA	CORRECCIÓN			CARGA	CORRECCIÓN		
pulg	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>	%	Dial (div)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		95	20			75	15			56	12		
0.050		154	32			96	20			78	16		
0.075		247	51			158	33			97	20		
0.100	70.3	369	76	74.2	105.5	219	45	47.65	67.8	160	33	38.99	55.5
0.150		514	106			335	69			234	48		
0.200	105.5	709	146	141.3	133.9	480	99	104.10	98.7	394	81	86.99	82.5
0.250		860	177			630	130			510	105		
0.300		978	202			770	159			642	132		
0.400		1174	242			936	193			786	162		
0.500		1423	293			1000	206			883	182		



### ENSAYO DE CBR

OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA	REVISIÓN	
TRAMO	: HUACHO - PATIVLCA	N° ENSAYO:	SB - 5
MATERIAL	: Sub base	TÉCNICO:	J.D.S. / J.E.M.
CALICATA	: N.A.	ING° RESP.:	I.C.Z.
MUESTRA	: Pista	FECHA:	29/11/2016
PROFUND.	: N.A.	DEL KM:	159+500.
CANTERA	: San Francisco	AL KM:	160+000.

### GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



#### DATOS DE LA MUESTRA

CLASF. (SUCS):	GW - GM
CLASF. (AASHTO):	A-1-a (0)

#### RESULTADOS:

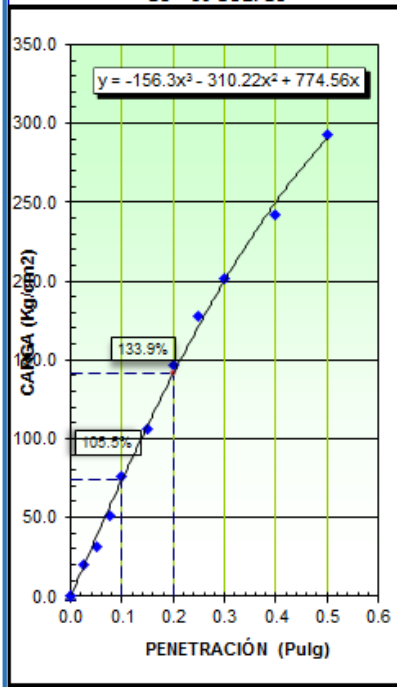
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 105.5	0.2": 133.9
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 61.8	0.2": 91.0

#### Datos del Proctor

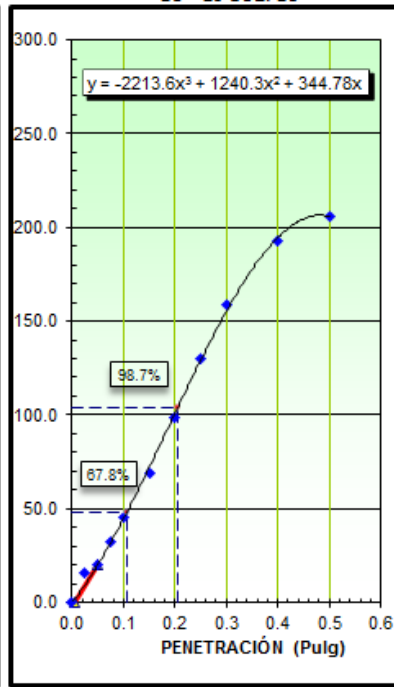
Densidad Seca	2.326	gr/cc
Óptimo Humedad	6.50	%

#### OBSERVACIONES:

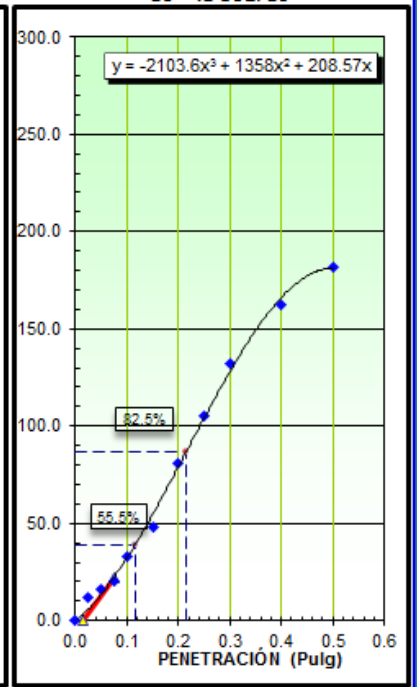
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES





EQUIVALENTE DE ARENA					
MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T-176					
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDE			REVISIÓN	:
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA			Nº ENSAYO	: SB-5
MATERIAL	: Sub base			TÉCNICO	: J.D.S. / J.E.M.
CALICATA	: N.A.			ING. RESP.	: I.C.Z.
MUESTRA	: Pista			FECHA	: 29/11/2016
PROFUND.	: N.A.			DEL KM	: 159+500
CANTERA	: San Francisco			AL KM	: 160+000
MUESTRA		Página 1 IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Hora de entrada a saturación		16:21	16:23	16:25	
Hora de salida de saturación (más 10')		16:31	16:33	16:35	
Hora de entrada a decantación		16:33	16:35	16:37	
Hora de salida de decantación (más 20')		16:53	16:55	16:57	
Altura máxima de material fino		mm	138.00	142.00	137.00
Altura máxima de la arena		mm	98.00	96.00	95.00
Equivalente de arena		%	72	68	70
Equivalente de arena promedio		%	70.0		
Resultado equivalente de arena		%	70		
Observaciones:					
.....					
.....					
.....					
.....					



# ANEXO N°03: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS PARA MATERIAL DE BASE



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

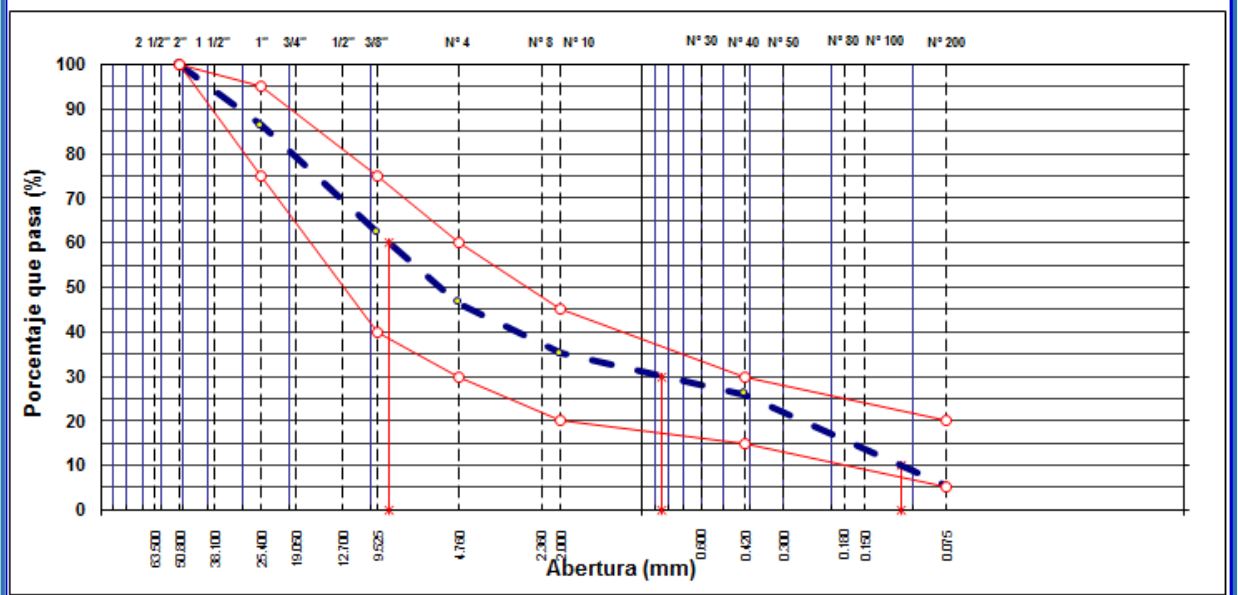
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

OBRA : EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA  
TRAMO : HUACHO - PATIVLCA  
MATERIAL : Base granular  
CALICATA : N.A.  
MUESTRA : Pista  
PROFUND. :  
CANTERA : San Francisco

REVISIÓN :  
N° ENSAYO : B - 1  
TESISTAS : J.D.S. / J.E.M.  
ING° RESP. : M.P.G.  
FECHA : 05/12/2016  
DEL KM : 155+000  
AL KM : 155+500

TAMIZ	ABERT. mm	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO B	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200						PESO TOTAL = 28,324.0 gr	
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 26815.3 gr	
2"	50.800				100.0	100 - 100	PESO FINO = 591.0 gr	
1 1/2"	38.100	1,143.0	4.0	4.0	96.0	HUSO B	LÍMITE LÍQUIDO = 16 %	
1"	25.400	2,746.0	9.7	13.7	86.3	75 - 95	LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %	
3/4"	19.050	2,005.0	7.1	20.8	79.2		ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %	
1/2"	12.700	2,946.0	10.4	31.2	68.8		CLASF. AASHTO = A-1-a (0)	
3/8"	9.525	1,820.0	6.4	37.6	62.4	40 - 75	CLASF. SUCCS = GP - GM	
1/4"	6.350						Ensayo Malla #200 P.S. Seco. P.S. Lavado % 200	
# 4	4.760	4,474.0	15.8	53.4	46.6	30 - 60	28324.0 26815.3 5.3	
# 8	2.360						% Grava = 53.4 %	
# 10	2.000	145.3	11.4	64.9	35.1	20 - 45	% Arena = 41.2 %	
# 30	0.600						% Fino = 5.3 %	
# 40	0.420	116.9	9.2	74.1	25.9	15 - 30	% HUMEDAD P.S.H. P.S.S. % Humedad	
# 50	0.300						626.0 591.0 5.9%	
# 80	0.180						OBSERVACIONES:	
# 100	0.150	168.8	13.3	87.4	12.6			
# 200	0.075	92.4	7.3	94.7	5.3	5 - 20		
< # 200	FONDO	67.6	5.3	100.0	0.0			
FRACCIÓN		591.0					Coef. Uniformidad 77 Índice de Consistencia	
TOTAL		28,324.0					Coef. Curvatura 0.7 -	
Descripción suelo: Grava pobremente gradada con limo y arena							Pot. de Expansión	Bajo -

### CURVA GRANULOMÉTRICA





<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>					
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90					
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 155+000 - KM 160+000 UBICADO EN EL DISTRITO DE HUAURA, PROVINCIA DE HUAURA, DEPARTAMENTO DE LIMA			Nº ENSAYO	:
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA			Nº ENSAYO	: B-1
MATERIAL	: Base granular			TESISTAS	: J.D.S. / J.E.M.
CALICATA	: N.A.			INGº RESP.	: M.P.G.
MUESTRA	: Pista			FECHA	: 05/12/2016
PROFUND.	:			DEL KM	: 155+000
CANTERA	: San Francisco			AL KM	: 155+500
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>					
Nº TARRO	38	41	84		
TARRO + SUELO HÚMEDO	53.16	52.03	51.23		
TARRO + SUELO SECO	51.10	50.24	49.62		
AGUA	2.06	1.79	1.61		
PESO DEL TARRO	39.26	39.26	39.26		
PESO DEL SUELO SECO	11.84	10.98	10.36		
% DE HUMEDAD	17.40	16.30	15.54		
Nº DE GOLPES	15	21	30		
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>					
Nº TARRO					
TARRO + SUELO HÚMEDO					
TARRO + SUELO SECO					
AGUA					
PESO DEL TARRO					
PESO DEL SUELO SECO					
% DE HUMEDAD					
<b>DIAGRAMA DE FLUIDEZ</b>					
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES		
LÍMITE LÍQUIDO		16.0			
LÍMITE PLÁSTICO		N.P.			
ÍNDICE DE PLASTICIDAD		N.P.			

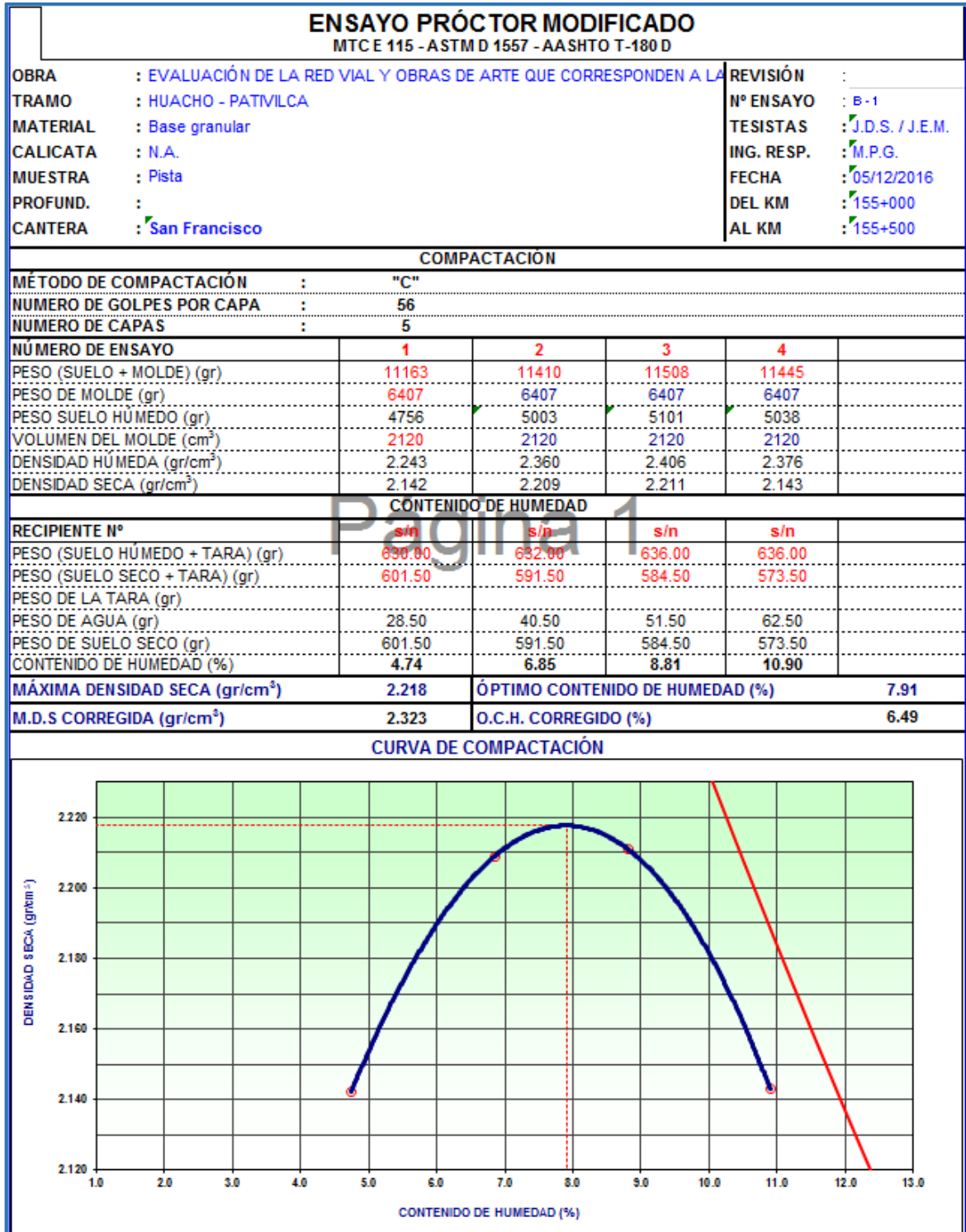


HUMEDAD NATURAL ASTM D 2216; MTC E 108			
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPON	REVISIÓN	:
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA	Nº ENSAYO	: B - 1
MATERIAL	: Base granular	TESISTAS	: J.D.S. / J.E.M.
CALICATA	: N.A.	INGº RESP.	: M.P.G.
MUESTRA	: Pista	FECHA	: 05/12/2016
PROFUND.	:	DEL KM	: 155+000
CANTERA	: San Francisco	AL KM	: 155+500
DATOS			
Nº de Ensayo	1	2	
Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.)	626.00	669.52	
Peso de Mat. Seco + Tara (gr.)	591.00	631.75	
Peso de Tara (gr.)			
Peso de Agua (gr.)	35.00	37.77	
Peso Mat. Seco (gr.)	591.00	631.75	
Humedad Natural (%)	5.92	5.98	
Promedio de Humedad Natural (%)	5.95		
OBSERVACIONES:			
.....			
.....			
.....			



PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS						
MTC E- 205-206, ASTM C-127-128, AASHTO T-84-85						
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA	REVISIÓN :				
TRAMO	: HUACHO - PATVILCA	N° ENSAYO B - 1				
MATERIAL	: Base granular	TESISTAS J.D.S. / J.E.M.				
CALICATA	: N.A.	ING° RESP. M.P.G.				
MUESTRA	: Pista	FECHA : 05/12/2016				
PROFUND.	:	DEL KM : 155+000				
CANTERA	: San Francisco	AL KM : 155+500				
DATOS DE LA MUESTRA						
AGREGADO GRUESO						
A	Peso material saturado superf. seco (en aire ) (gr)	1682.6	1573.7			
B	Peso material saturado superf. seco (en agua ) (gr)	1089.3	1018.7			
C	Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm <sup>3</sup> )	593.3	555.0			
D	Peso material seco en estufa ( 105 °C )(gr)	1674.9	1566.5			
E	Volumen de masa = C - ( A - D ) (cm <sup>3</sup> )	586.6	547.9			PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.823	2.822			2.823
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.836	2.835			2.836
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.860	2.859			2.860
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	0.459	0.458			0.46%
AGREGADO FINO						
A	Peso material saturado superficialmente seco ( en Air	500.0	500.0			
B	Peso frasco + agua (gr)	662.5	1288.3			
C	Peso frasco + agua + A (gr)	1162.5	1788.3			
D	Peso del material + agua en el frasco (gr)	985.9	1613.2			
E	Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm <sup>3</sup> )	176.6	175.05			
F	Peso de material seco en estufa (105°C) (gr)	495.8	495.4			
G	Volumen de masa = E - ( A - F ) (cm <sup>3</sup> )	172.4	170.45			PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = F/E	2.807	2.830			2.819
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E	2.831	2.856			2.844
	Pe Aparente ( Base seca ) = F/G	2.876	2.906			2.891
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0.847	0.929			0.89%
OBSERVACIONES:						







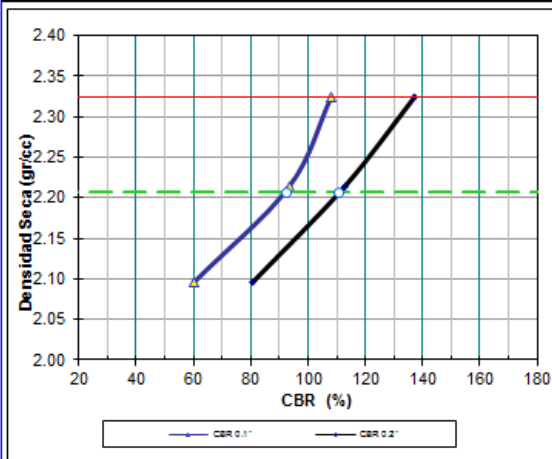
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 155+000 - KM 160+000 UBICADO EN EL DISTRITO DE HUAURA, PROVINCIA DE HUAURA, DEPARTAMENTO DE LIMA					REVISIÓN	:						
TRAMO	: HUACHO - PATIVLCA					Nº ENSAYO	:	B-1					
MATERIAL	: Base granular					TESISTAS	:	J.D.S. / J.E.M.					
MUESTRA	: Pista					FECHA	:	05/12/2016					
PROFUND.	:					DEL KM	:	155+000					
CANTERA	: San Francisco					AL KM	:	155+500					
DATOS DEL PROCTOR			DATOS DE LA MUESTRA			DATOS DE LA PRENSA							
MÁXIMA DENSIDAD SECA	:	2.323	g/cm <sup>3</sup>	CLASF. (SUCS)	:	GP - GM	CAPACIDAD	: 10000 Lbs.					
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDA	:	6.49	%	CLASF. (AASHTO)	:	A-1-a (0)	ANILLO	: 1					
<b>ENSAYO DE CBR</b>													
<b>MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193</b>													
Molde Nº	1			2			3						
Nº Capa	5			5			5						
Golpes por capa Nº	56			25			12						
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO					
Peso molde + suelo húmed (gr)	14288		14150		13923								
Peso de molde (gr)	9125		9200		9230								
Peso del suelo húmedo (gr)	5163		4950		4693								
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2087		2100		2104								
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.474		2.357		2.231								
Humedad (%)	6.50		6.49		6.49								
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.323		2.213		2.095								
Tarro Nº	S/N		S/N		S/N								
Tarro + Suelo húmedo (gr)	437.30		446.10		469.40								
Tarro + Suelo seco (gr)	410.60		418.90		440.80								
Peso del Agua (gr)	26.70		27.20		28.60								
Peso del tarro (gr)													
Peso del suelo seco (gr)	410.60		418.90		440.80								
Humedad (%)	6.50		6.49		6.49								
Promedio de Humedad (%)	6.50		6.49		6.49								
<b>EXPANSIÓN</b>													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN						
				mm	%		mm	%					
<b>NO EXPANSIVO</b>													
<b>PENETRACIÓN</b>													
PENETRACIÓN pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3			
		CARGA	CORRECCIÓN			CARGA	CORRECCIÓN			CARGA	CORRECCIÓN		
		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		78	18			58	13			30	7		
0.050		158	37			132	31			72	17		
0.075		244	56			193	45			118	27		
0.100	70.3	346	80	76.0	108.1	285	66	65.68	93.4	188	43	42.35	60.2
0.150		508	118			412	96			294	68		
0.200	105.5	617	144	144.7	137.2	535	124	118.94	112.8	360	84	84.88	80.5
0.250		704	164			619	144			466	108		
0.300		895	209			680	159			530	123		
0.400		1120	263			802	187			621	145		
0.500		1280	302			920	215			700	163		



### ENSAYO DE CBR

OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA PA	REVISIÓN	
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA	Nº ENSAYO:	B - 1
MATERIAL	: Base granular	TESISTAS:	J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista	FECHA:	05/12/2016
PROFUND.	:	DEL KM:	155+000
CANTERA	: San Francisco	AL KM:	155+500

### GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



#### DATOS DE LA MUESTRA

CLASF. (SUCS):	GP - GM
CLASF. (AASHTO):	A-1-a (0)

#### RESULTADOS:

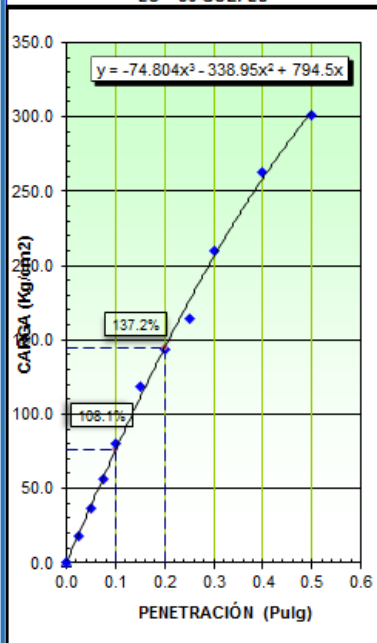
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	108.1	0.2":	137.2
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	92.4	0.2":	111.0

#### Datos del Proctor

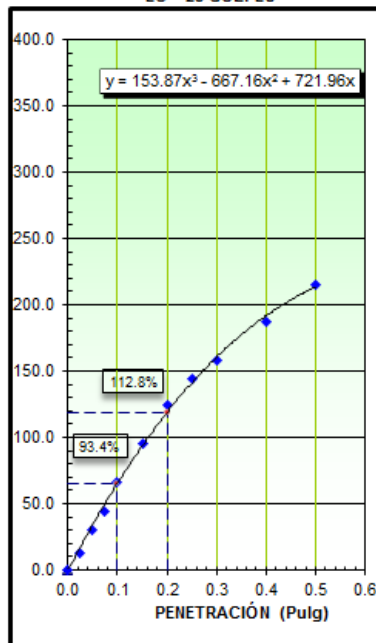
Densidad Seca	2.323	gr/cc
Óptimo Humedad	6.49	%

OBSERVACIONES:

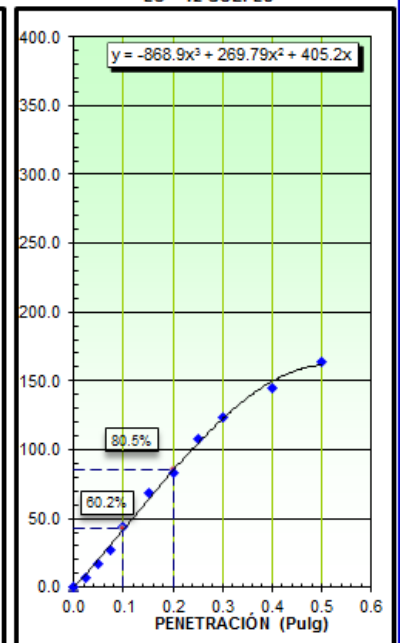
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES





EQUIVALENTE DE ARENA						
MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T-176						
OBRA	:	EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN			REVISIÓN	:
TRAMO	:	HUACHO - PATIVILCA			N° ENSAYO	:
MATERIAL	:	Base granular			TESISTAS	:
CALICATA	:	N.A.			ING. RESP.	:
MUESTRA	:	Pista			FECHA	:
PROFUND.	:				DEL KM	:
CANTERA	:	San Francisco			AL KM	:
Página 1						
MUESTRA		IDENTIFICACIÓN				
		1	2	3	4	
Hora de entrada a saturación		14:58	15:00	15:02		
Hora de salida de saturación (más 10')		15:08	15:10	15:12		
Hora de entrada a decantación		15:10	15:12	15:14		
Hora de salida de decantación (más 20')		15:30	15:32	15:34		
Altura máxima de material fino	mm	109.00	108.00	103.00		
Altura máxima de la arena	mm	77.00	74.00	72.00		
Equivalente de arena	%	71	69	70		
Equivalente de arena promedio	%	70.0				
Resultado equivalente de arena	%	70				
Observaciones:						
.....						
.....						
.....						



<b>OBRA : EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA C</b> <b>TRAMO : HUACHO - PATIVILCA</b> <b>MATERIAL : Base granular</b> <b>CALICATA : N.A.</b> <b>MUESTRA : Pista</b> <b>PROFUND. :</b> <b>CANTERA : San Francisco</b>						<b>REVISIÓN :</b> <b>Nº ENSAYO : B - 1</b> <b>TESISTAS : J.D.S. / J.E.M.</b> <b>ING. RESP. : M.P.G.</b> <b>FECHA : 05/12/2016</b> <b>DEL KM : 155+000</b> <b>AL KM : 155+500</b>	
<b>PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS</b> <b>MTC E 210 - ASTM D 5821</b>							
<b>CON UNA O MÁS CARAS FRACTURADAS</b>							
AMAÑO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	1 CARA FRACTURADA (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D) (%)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1 1/2"	1"	2000	1781.2	89.1	9.7	863.0	
1"	3/4"	1500	1341.5	89.4	7.1	633.2	
3/4"	1/2"	1200	1093.0	91.1	10.4	947.3	
1/2"	3/8"	300	281.2	93.7	6.4	602.7	
<b>TOTAL</b>		<b>5000.0</b>	<b>4496.9</b>		<b>33.6</b>	<b>3046.2</b>	<b>90.7</b>
<b>CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS</b>							
AMAÑO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	2 CARAS FRACTURADAS (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D) (%)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1 1/2"	1"	2000	1652.3	82.6	9.7	800.5	
1"	3/4"	1500	1215.8	81.1	7.1	573.9	
3/4"	1/2"	1200	965.8	80.5	10.4	837.0	
1/2"	3/8"	300	236.9	79.0	6.4	507.8	
<b>TOTAL</b>		<b>5000.0</b>	<b>4070.8</b>		<b>33.6</b>	<b>2719.2</b>	<b>80.9</b>
<b>OBSERVACIONES:</b> ..... ..... ..... .....							



OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 155+000 - KM 160+000 UBICADO EN EL DISTRITO DE HUAURA, PROVINCIA DE HUAURA, DEPARTAMENTO DE LIMA					REVISIÓN	:
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA					N° ENSAYO	: B - 1
MATERIAL	: Base granular					TESISTAS	: J.D.S. / J.E.M.
CALICATA	: N.A.					ING. RESP.	: M.P.G.
MUESTRA	: Pista					FECHA	: 05/12/2016
PROFUND.	:					DEL KM	: 155+000
CANTERA	: San Francisco					AL KM	: 155+500
<b>PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS</b>							
ASTM D 4791							
TAMIZ	Peso por mallas (A) (gr)	Peso chatas y alargadas (B) (gr)	Porcentaje (C)=(B)/(A)*100 (%)	Gradación Original (D) (%)	Corrección (E)=(C)*(D) (%)	(E)/(D) (%)	
2" - 1 1/2"	1143	85.3	7.5	4.0	30.1		
1 1/2" - 1"	2746	241.0	8.8	9.7	85.0		
1" - 3/4"	2005	151.9	7.6	7.1	53.6		
3/4" - 1/2"	2946	261.9	8.9	10.4	92.5		
1/2" - 3/8"	1820	150.6	8.3	6.4	53.2		
Peso Total (gr.)	10660	890.7		37.6	314.5		8.4
Observaciones:							
.....							
.....							
.....							
.....							



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

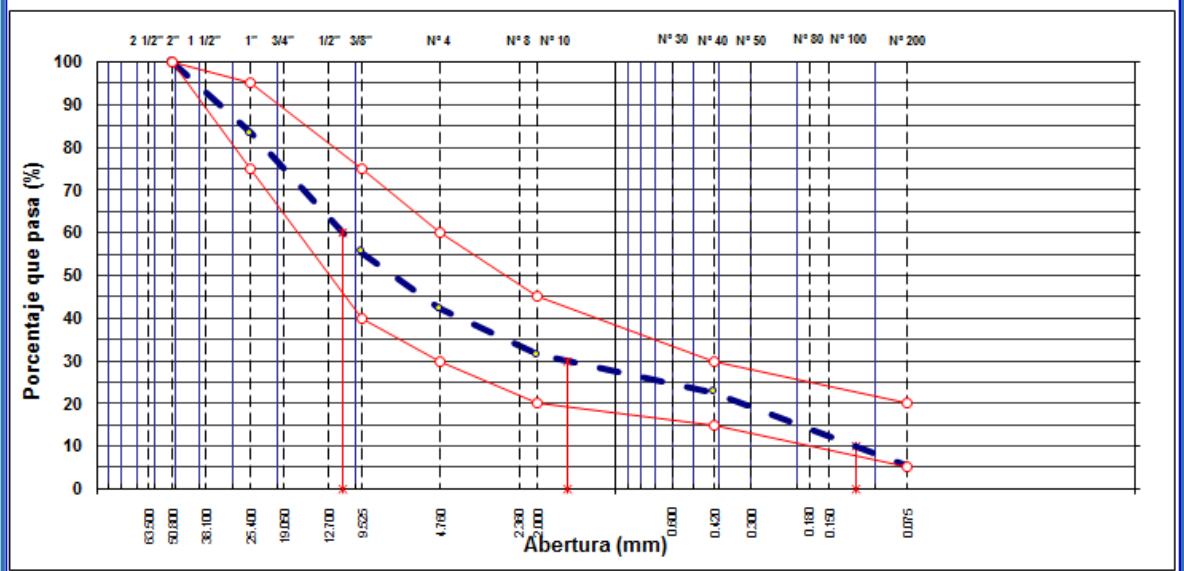
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

OBRA : EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA  
 TRAMO : HUACHO - PATIVILCA  
 MATERIAL : Base granular  
 MUESTRA : Pista  
 PROFUND. :  
 CANTERA : San Francisco

REVISIÓN :  
 N° ENSAYO : B - 2  
 TESISTAS : J.D.S. / J.E.M.  
 FECHA : 08/12/2016  
 DEL KM : 156+500  
 AL KM : 157+000

TAMIZ	ABERT. mm	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO B	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200						PESO TOTAL = 30,999.0 gr	
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 29343.9 gr	
2"	50.800				100.0	100 - 100	PESO FINO = 553.0 gr	
1 1/2"	38.100	1,172.0	3.8	3.8	96.2		LÍMITE LÍQUIDO = 16 %	
1"	25.400	4,008.0	12.9	16.7	83.3	HUSO B	LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %	
3/4"	19.050	2,352.0	7.6	24.3	75.7		ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %	
1/2"	12.700	3,871.0	12.5	36.8	63.2		CLASF. AASHTO = A-1-a (0)	
3/8"	9.525	2,374.0	7.7	44.5	55.6	40 - 75	CLASF. SUCCS = GW - GM	
1/4"	6.350						Ensayo Malla #200 P.S. Seco. P.S. Lavado % 200	
# 4	4.760	4,109.0	13.3	57.7	42.3	30 - 60	30999.0 29343.9 5.3	
# 8	2.360						% Grava = 57.7 %	
# 10	2.000	141.5	10.8	68.5	31.5	20 - 45	% Arena = 37.0 %	
# 30	0.600						% Fino = 5.3 %	
# 40	0.420	115.6	8.8	77.3	22.6	15 - 30	% HUMEDAD P.S.H. P.S.S. % Humedad	
# 50	0.300						588.0 553.0 6.3%	
# 80	0.180						OBSERVACIONES:	
# 100	0.150	155.8	11.9	89.3	10.7			
# 200	0.075	70.3	5.4	94.7	5.3	5 - 20		
< # 200	FONDO	69.8	5.3	100.0	0.0			
FRACCIÓN		553.0					Coef. Uniformidad 94 Índice de Consistencia	
TOTAL		30,999.0					Coef. Curvatura 1.8 -	
Descripción suelo: Grava bien gradada con limo y arena							Pot. de Expansión	Bajo -

### CURVA GRANULOMÉTRICA





LÍMITES DE ATTERBERG					
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90					
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CAR			Nº ENSAYO	:
TRAMO	: HUACHO - PATIVLCA			Nº ENSAYO	: B-2
MATERIAL	: Base granular			TESISTAS	: J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista			FECHA	: 08/12/2016
PROFUND.	:			DEL KM	: 156+500
CANTERA	: San Francisco			AL KM	: 157+000
LÍMITE LÍQUIDO					
Nº TARRO	16	18	13		
TARRO + SUELO HÚMEDO	52.21	53.96	53.12		
TARRO + SUELO SECO	50.21	51.84	51.12		
AGUA	2.00	2.12	2.00		
PESO DEL TARRO	39.01	39.20	38.60		
PESO DEL SUELO SECO	11.20	12.64	12.52		
% DE HUMEDAD	17.86	16.77	15.97		
Nº DE GOLPES	14	21	30		
LÍMITE PLÁSTICO					
Nº TARRO					
TARRO + SUELO HÚMEDO					
TARRO + SUELO SECO					
AGUA					
PESO DEL TARRO					
PESO DEL SUELO SECO					
% DE HUMEDAD					
DIAGRAMA DE FLUIDEZ					
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES		
LÍMITE LÍQUIDO	16.4				
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.				
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.				





### HUMEDAD NATURAL ASTM D 2216; MTC E 108

OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPON	REVISIÓN	:	
TRAMO	: HUACHO - PATMILCA	Nº ENSAYO	:	B - 2
MATERIAL	: Base granular	TESISTAS	:	J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista	FECHA	:	08/12/2016
PROFUND.	:	DEL KM	:	156+500
CANTERA	: San Francisco	AL KM	:	157+000

## Página 1

### DATOS

Nº de Ensayo	1	2	
Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.)	588.00	628.88	
Peso de Mat. Seco + Tara (gr.)	553.00	591.13	
Peso de Tara (gr.)			
Peso de Agua (gr.)	35.00	37.75	
Peso Mat. Seco (gr.)	553.00	591.13	
Humedad Natural (%)	6.33	6.39	
Promedio de Humedad Natural (%)	6.36		

OBSERVACIONES:

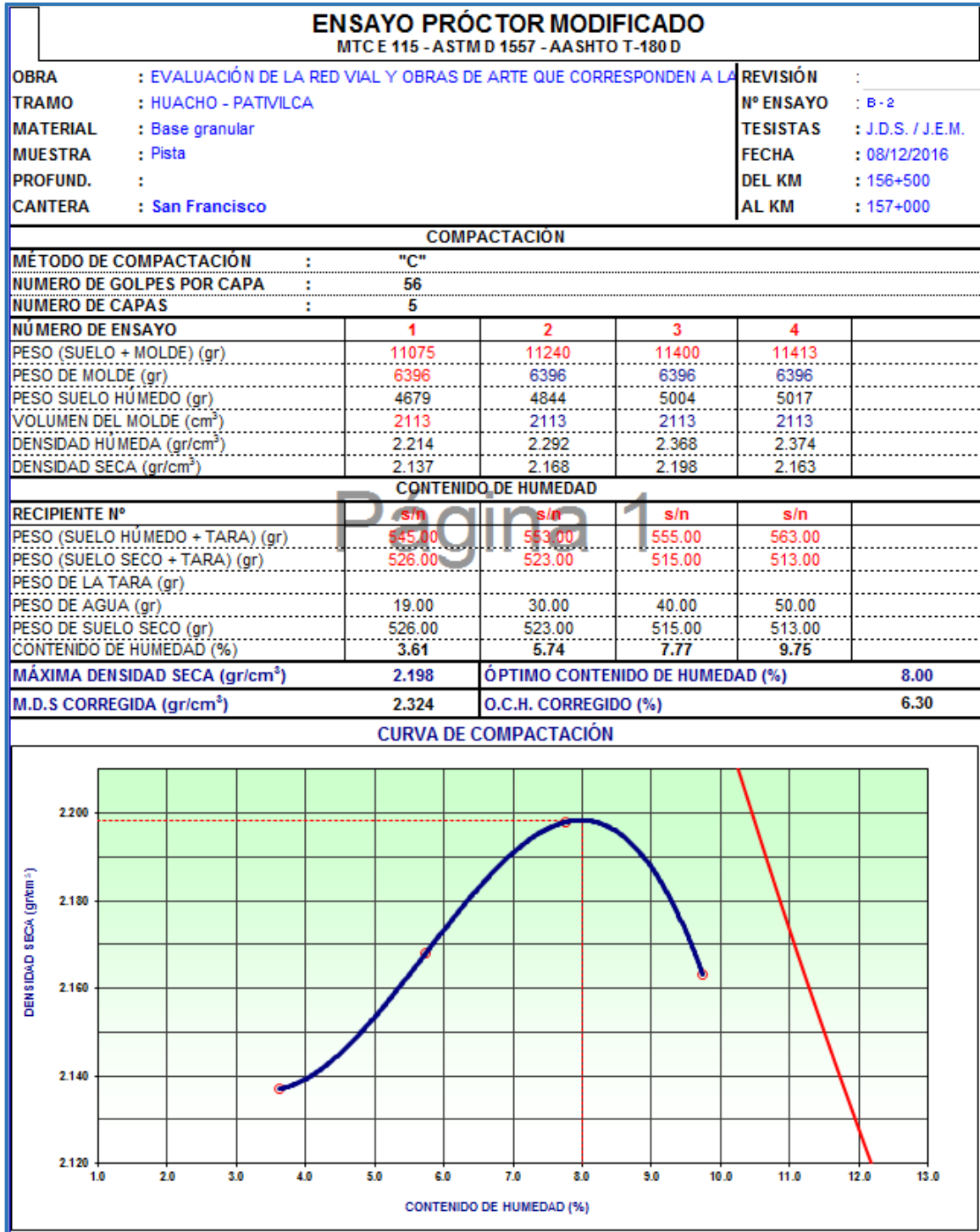
.....

.....

.....



PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS						
MTC E- 205-206, ASTM C-127-128, AASHTO T-84-85						
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA	REVISIÓN	: 00			
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA	Nº ENSAYO	: B - 2			
MATERIAL	: Base granular	TESISTAS	: J.D.S. / J.E.M.			
MUESTRA	: Pista	FECHA	: 08/12/2016			
PROFUND.	:	DEL KM	: 156+500			
CANTERA	: San Francisco	AL KM	: 157+000			
DATOS DE LA MUESTRA						
AGREGADO GRUESO						
A	Peso material saturado superf. seco (en aire) (gr)	1434.9	1497.2			
B	Peso material saturado superf. seco (en agua) (gr)	927.3	968.3			
C	Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm <sup>3</sup> )	507.6	528.9			
D	Peso material seco en estufa ( 105 °C )(gr)	1428.6	1490.6			
E	Volumen de masa = C - ( A - D ) (cm <sup>3</sup> )	501.3	522.3			PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.814	2.818			2.816
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.827	2.831			2.829
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.850	2.854			2.852
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	0.441	0.443			0.44%
AGREGADO FINO						
A	Peso material saturado superficialmente seco ( en Air	500.0	500.0			
B	Peso frasco + agua (gr)	662.5	1288.3			
C	Peso frasco + agua + A (gr)	1162.5	1788.3			
D	Peso del material + agua en el frasco (gr)	984.5	1611.8			
E	Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm3)	178.0	176.45			
F	Peso de material seco en estufa (105°C) (gr)	496.0	495.6			
G	Volumen de masa = E - ( A - F ) (cm3)	174.0	172.05			PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = F/E	2.787	2.809			2.798
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E	2.809	2.834			2.821
	Pe Aparente ( Base seca ) = F/G	2.851	2.881			2.866
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0.806	0.888			0.85%
OBSERVACIONES:						





<b>CORRECCIÓN DEL PROCTOR MODIFICADO POR GRAVA</b>			
<b>ASTM D-4718</b>			
<i>A. Corrección para el Contenido de Humedad (MC) - Muestra Total</i>			
3/4"	24.3	% retenido en 3/4"	
C.H.	1.0	%	
3/4"	75.7	% pasante en 3/4"	
C.H.	8.0	%	
C.H. Corregido= $(0.243 \times 1.000) + (0.757 \times 8.00164273648362) =$			6.3
<i>B. Corrección para Máxima Densidad Seca de Muestra Total</i>			
	2.198	gr/cm3 Valor del Proctor sin corrección (Ver curva adjunta)	
<b>Página 2</b>			
$DCS = [ 100 * (Df) * (Gm) * (Dw) ] / [ (Df * Pc) + (Gm * Dw * Pf) ]$			
DSC =	Corrección de peso unitario seco del Material Total calcul:		=
Df =	Optima Densidad Seca Fracción Fina		= 2.198
Gm =	Peso Especifico de Grava		= 2.829
Dw =	Peso Unitario de Agua		= 1
Pc =	Porcentaje de Sobretamaño		= 24.3
Pf =	Porcentaje de Fracción Fina		= 75.7
DCS =	2.324	gr/cm3	
C.H. Corregido	6.3		
Densidad Seca Corregida	2.324		
<b>1. Si el valor del porcentaje retenido en la malla 3/4" es mayor a 30%, la corrección no es valida por este método. Realizar el cálculo usando el porcentaje retenido como 30% y como pasante 70%</b>			
<b>OBSERVACIONES:</b>			
.....			
.....			



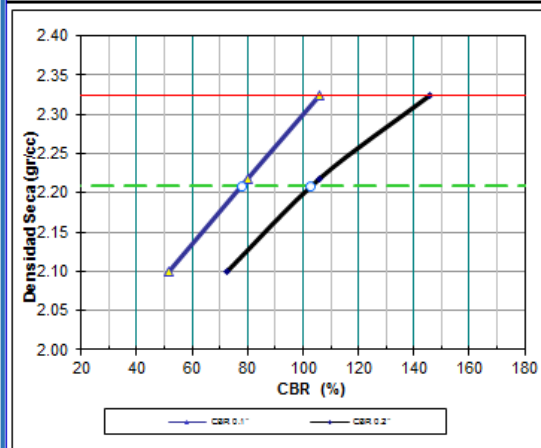
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE						REVISIÓN	:					
TRAMO	: HUACHO - PATIVLCA						N° ENSAYO	:	B-2				
MATERIAL	: Base granular						TESISTAS	:	J.D.S. / J.E.M.				
MUESTRA	: Pista						FECHA	:	08/12/2016				
PROFUND.	:						DEL KM	:	156+500				
CANTERA	: San Francisco						AL KM	:	157+000				
<b>DATOS DEL PROCTOR</b>			<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			<b>DATOS DE LA PRENSA</b>							
MÁXIMA DENSIDAD SECA	:	2.324	g/cm <sup>3</sup>	CLASF. (SUCS)	:	GW - GM	CAPACIDAD	:	10000	Lbs.			
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDA	:	6.30	%	CLASF. (AASHTO)	:	A-1-a (0)	ANILLO	:	↑				
<b>ENSAYO DE CBR</b>													
<b>MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193</b>													
Molde N°	1			2			3						
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 húmed (gr)	14293			14160			13936						
Peso de molde (gr)	9125			9200			9230						
Peso del suelo húmedo (gr)	5168			4960			4706						
Volumen del molde (cm3)	2087			2100			2104						
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.476			2.362			2.237						
Humedad (%)	6.57			6.55			6.56						
Densidad seca (gr/cm3)	2.323			2.217			2.099						
Tarro N°	S/N			S/N			S/N						
Tarro + Suelo húmedo (gr)	608.40			614.70			625.60						
Tarro + Suelo seco (gr)	570.90			576.90			587.10						
Peso del Agua (gr)	37.50			37.80			38.50						
Peso del tarro (gr)													
Peso del suelo seco (gr)	570.90			576.90			587.10						
Humedad (%)	6.57			6.55			6.56						
Promedio de Humedad (%)	6.57			6.55			6.56						
<b>EXPANSIÓN</b>													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN			
				mm	%		mm	%		mm	%		
<b>NO EXPANSIVO</b>													
<b>PENETRACIÓN</b>													
PENETRACIÓN pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		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		55	13			45	10			35	8		
0.050		146	34			103	24			70	16		
0.075		230	53			170	39			115	27		
0.100	70.3	335	78	74.6	106.1	253	59	56.32	80.1	158	37	36.34	51.7
0.150		492	114			379	88			244	56		
0.200	105.5	664	155	153.6	145.7	477	111	111.68	105.9	324	75	76.69	72.7
0.250		820	192			579	135			420	98		
0.300		963	226			706	165			501	116		
0.400		1175	276			800	187			598	139		
0.500		1280	302			875	205			660	154		



### ENSAYO DE CBR

OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA PA	REVISIÓN	
TRAMO	: HUACHO - PATIVLCA	N° ENSAYO:	B-2
MATERIAL	: Base granular	TESISTAS:	J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista	FECHA:	08/12/2016
PROFUND.	:	DEL KM:	156+500
CANTERA	: San Francisco	AL KM:	157+000

### GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



#### DATOS DE LA MUESTRA

CLASF. (SUCS):	GW - GM
CLASF. (AASHTO):	A-1-a (0)

#### RESULTADOS:

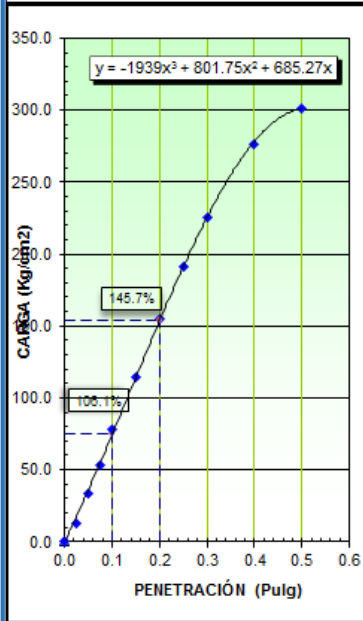
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	106.1	0.2":	145.7
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	78.0	0.2":	102.8

#### Datos del Proctor

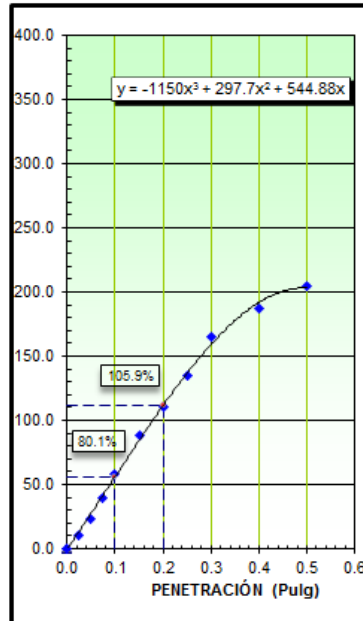
Densidad Seca	2.324	gr/cc
Óptimo Humedad	6.30	%

#### OBSERVACIONES:

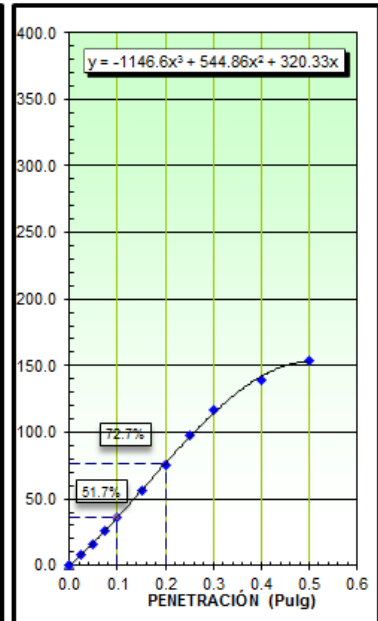
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES





OBRA : EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA C						REVISIÓN :	
TRAMO : HUACHO - PATVILCA						N° ENSAYO : B - 2	
MATERIAL : Base granular						TESISTAS : J.D.S. / J.E.M.	
MUESTRA : Pista						FECHA : 08/12/2016	
PROFUND. :						DEL KM : 156+500	
CANTERA : San Francisco						AL KM : 157+000	
<b>PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS</b>							
MTC E 210 - ASTM D 5821							
<b>CON UNA O MÁS CARAS FRACTURADAS</b>							
AMAÑO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	1 CARA FRACTURADA (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D) (%)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1 1/2"	1"	2000	1699.6	85.0	12.9	1098.8	
1"	3/4"	1500	1382.6	92.2	7.6	699.6	
3/4"	1/2"	1200	993.0	82.8	12.5	1033.5	
1/2"	3/8"	300	281.2	93.7	7.7	718.0	
TOTAL		5000.0	4356.4		40.7	3549.9	87.3
<b>CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS</b>							
AMAÑO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	2 CARAS FRACTURADAS (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D) (%)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1 1/2"	1"	2000	1501.6	75.1	12.9	970.8	
1"	3/4"	1500	1101.7	73.4	7.6	557.5	
3/4"	1/2"	1200	886.6	73.9	12.5	922.8	
1/2"	3/8"	300	211.6	70.5	7.7	540.3	
TOTAL		5000.0	3701.5		40.7	2991.3	73.6
OBSERVACIONES:							
.....							
.....							
.....							



OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRES	REVISIÓN	:
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA	N° ENSAYO	: B - 2
MATERIAL	: Base granular	TESISTAS	: J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista	FECHA	: 08/12/2016
PROFUND.	:	DEL KM	: 156+500
CANTERA	: San Francisco	AL KM	: 157+000

PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS						
ASTM D 4791						
TAMIZ	Peso por mallas (A) (gr)	Peso chatas y alargadas (B) (gr)	Porcentaje (C)=(B)/(A)*100 (%)	Gradación Original (D) (%)	Corrección (E)=(C)*(D) (%)	(E)/(D) (%)
2" - 1 1/2"	1172	102.6	8.8	3.8	33.1	
1 1/2" - 1"	4008	319.6	8.0	12.9	103.1	
1" - 3/4"	2352	220.5	9.4	7.6	71.2	
3/4" - 1/2"	3871	371.6	9.6	12.5	119.9	
1/2" - 3/8"	2374	201.8	8.5	7.7	65.1	
Peso Total (gr.)	13777	1216.1		44.5	392.4	8.8

Observaciones:

.....

.....

.....

.....





### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

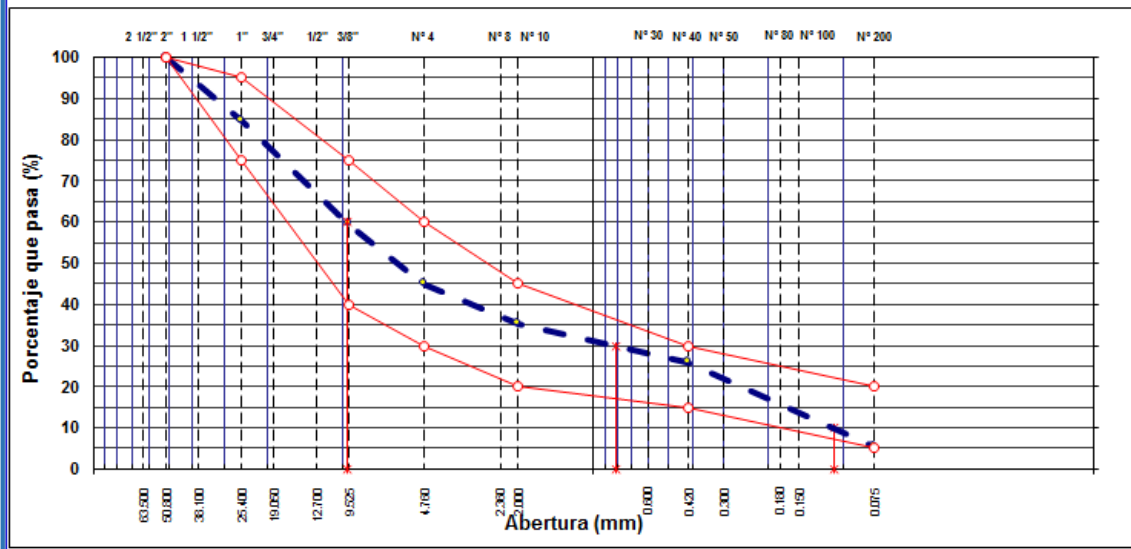
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

OBRA : EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA	REVISIÓN :
TRAMO : HUACHO - PATIVLCA	Nº ENSAYO : B - 3
MATERIAL : Base granular	TESISTAS : J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA : Pista	FECHA : 09/12/2016
PROFUND. :	DEL KM : 157+500
CANTERA : San Francisco	AL KM : 158+000

TAMIZ	ABERT. mm	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO B	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						PESO TOTAL = 38.326.0 gr
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 36232.4 gr
2"	50.800				100.0	100 - 100	PESO FINO = 558.0 gr
1 1/2"	38.100	1,182.0	3.1	3.1	96.9		LÍMITE LÍQUIDO = 16 %
1"	25.400	4,738.0	12.4	15.4	84.6	HUSO B	LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %
3/4"	19.050	2,885.0	7.5	23.0	77.0		ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %
1/2"	12.700	4,377.0	11.4	34.4	65.6		CLASF. AASHTO = A-1-a (0)
3/8"	9.525	2,293.0	6.0	40.4	59.6	40 - 75	CLASF. SUCCS = GP - GM
1/4"	6.350						Ensayo Malla #200 : P.S. Seco : P.S. Lavado : % 200
# 4	4.760	5,595.0	14.6	55.0	45.0	30 - 60	38326.0 : 36232.4 : 5.5
# 8	2.360						% Grava = 55.0 %
# 10	2.000	119.2	9.6	64.6	35.4	20 - 45	% Arena = 39.6 %
# 30	0.600						% Fino = 5.5 %
# 40	0.420	115.8	9.3	73.9	26.1	15 - 30	% HUMEDAD : P.S.H. : P.S.S. : % Humedad
# 50	0.300						532.0 : 558.0 : 6.1%
# 60	0.180						OBSERVACIONES:
# 100	0.150	157.7	12.7	86.7	13.3		
# 200	0.075	97.6	7.9	94.5	5.5	5 - 20	
< # 200	FONDO	67.7	5.5	100.0	0.0		
FRACCIÓN		558.0					Coef. Uniformidad : 88
TOTAL		38,326.0					Coef. Curvatura : 0.6
							Pot. de Expansión : Bajo

Descripción suelo: Grava pobremente gradada con limo y arena

### CURVA GRANULOMÉTRICA





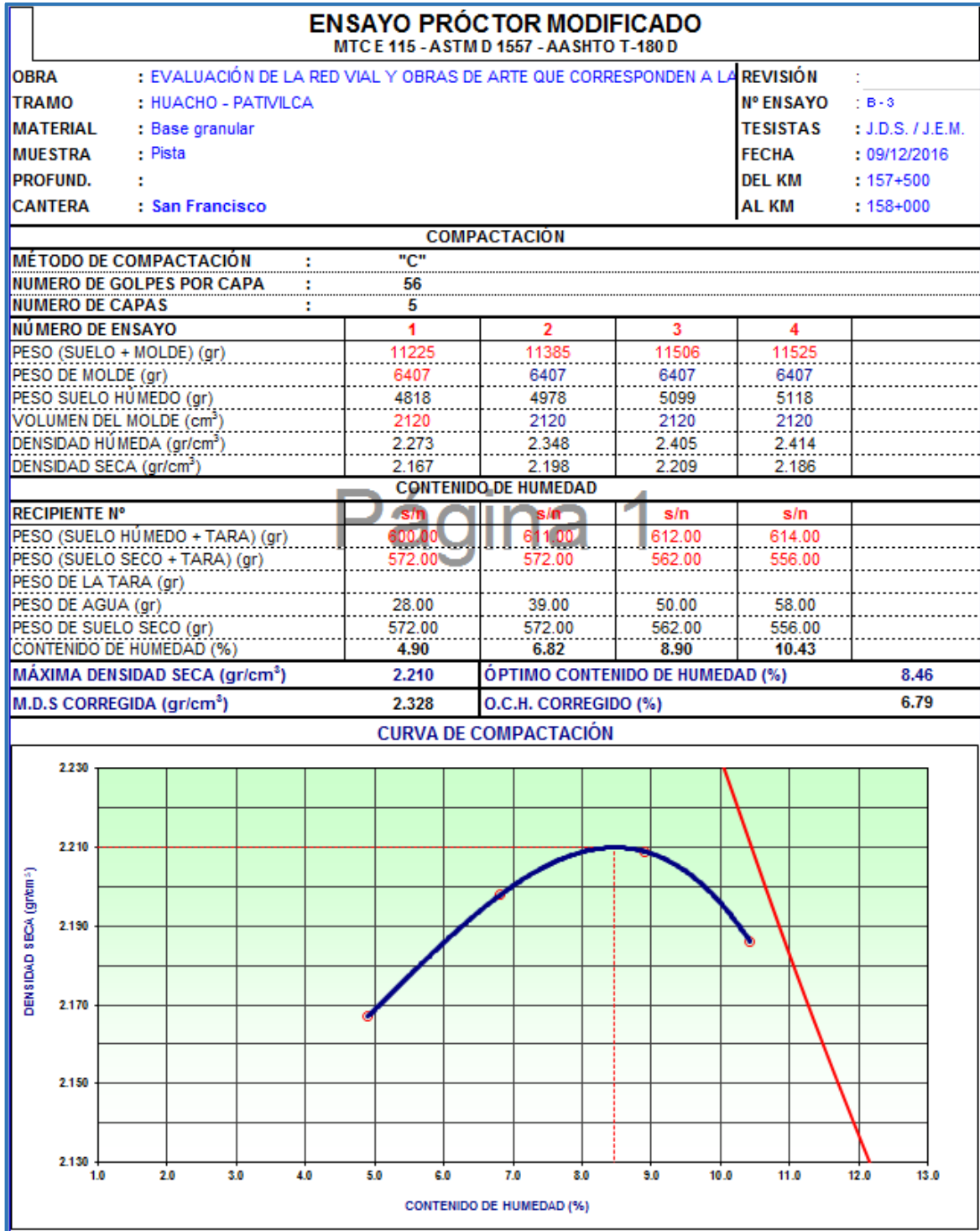
LÍMITES DE ATTERBERG					
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90					
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CAR			Nº ENSAYO	:
TRAMO	: HUACHO - PATMILCA			Nº ENSAYO	: B-3
MATERIAL	: Base granular			TESISTAS	: J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista			FECHA	: 09/12/2016
PROFUND.	:			DEL KM	: 157+500
CANTERA	: San Francisco			AL KM	: 158+000
LÍMITE LÍQUIDO					
Nº TARRO	215	156	241		
TARRO + SUELO HÚMEDO	52.65	49.65	52.69		
TARRO + SUELO SECO	50.68	48.20	50.86		
AGUA	1.97	1.45	1.83		
PESO DEL TARRO	39.26	39.26	39.26		
PESO DEL SUELO SECO	11.42	8.94	11.60		
% DE HUMEDAD	17.25	16.22	15.78		
Nº DE GOLPES	15	22	30		
LÍMITE PLÁSTICO					
Nº TARRO					
TARRO + SUELO HÚMEDO					
TARRO + SUELO SECO					
AGUA					
PESO DEL TARRO					
PESO DEL SUELO SECO					
% DE HUMEDAD					
DIAGRAMA DE FLUIDEZ					
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES		
LÍMITE LÍQUIDO	16.1				
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.				
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.				



<b>HUMEDAD NATURAL ASTM D 2216; MTC E 108</b>			
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 155+000 - KM 160+000 UBICADO EN EL DISTRITO DE HUAURA, PROVINCIA DE HUAURA, DEPARTAMENTO DE LIMA	REVISIÓN	: 1
TRAMO	: HUACHO - PATIVLCA	Nº ENSAYO	: B - 3
MATERIAL	: Base granular	TESISTAS	: J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista	FECHA	: 09/12/2016
PROFUND.	:	DEL KM	: 157+500
CANTERA	: San Francisco	AL KM	: 158+000
<b>Página 1</b>			
<b>DATOS</b>			
Nº de Ensayo	1	2	
Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.)	592.00	633.16	
Peso de Mat. Seco + Tara (gr.)	558.00	596.47	
Peso de Tara (gr.)			
Peso de Agua (gr.)	34.00	36.68	
Peso Mat. Seco (gr.)	558.00	596.47	
Humedad Natural (%)	6.09	6.15	
Promedio de Humedad Natural (%)	6.12		
<b>OBSERVACIONES:</b>			
.....			
.....			
.....			
.....			



<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS</b>					
MTC E- 205-206, ASTM C-127-128, AASHTO T-84-85					
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA	REVISIÓN : 00			
TRAMO	: HUACHO - PATIVLCA	N° ENSAYO B - 3			
MATERIAL	: Base granular	TESISTAS J.D.S. / J.E.M.			
MUESTRA	: Pista	FECHA : 09/12/2016			
PROFUND.	:	DEL KM : 157+500			
CANTERA	: San Francisco	AL KM : 158+000			
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>					
<b>AGREGADO GRUESO</b>					
A	Peso material saturado superf. seco (en aire ) (gr)	2294.5	2044.5		
B	Peso material saturado superf. seco (en agua ) (gr)	1484.8	1322.6		
C	Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm <sup>3</sup> )	809.7	721.9		
D	Peso material seco en estufa ( 105 °C )(gr)	2280.5	2031.7		
E	Volumen de masa = C- ( A - D ) (cm <sup>3</sup> )	795.6	709.1		<b>PROMEDIO</b>
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.816	2.815		2.815
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.834	2.832		2.833
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.866	2.865		2.866
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	0.617	0.628		<b>0.62%</b>
<b>AGREGADO FINO</b>					
A	Peso material saturado superficialmente seco ( en Air	500.0	500.0		
B	Peso frasco + agua (gr)	662.5	1288.3		
C	Peso frasco + agua + A (gr)	1162.5	1788.3		
D	Peso del material + agua en el frasco (gr)	985.9	1612.8		
E	Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm <sup>3</sup> )	176.6	175.45		
F	Peso de material seco en estufa (105°C) (gr)	495.9	495.64		
G	Volumen de masa = E - ( A - F ) (cm <sup>3</sup> )	172.5	171.09		<b>PROMEDIO</b>
	Pe bulk ( Base seca ) = F/E	2.808	2.825		2.817
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E	2.831	2.850		2.841
	Pe Aparente ( Base seca ) = F/G	2.875	2.897		2.886
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0.823	0.880		<b>0.85%</b>
<b>OBSERVACIONES:</b>					





CORRECCIÓN DEL PROCTOR MODIFICADO POR GRAVA			
ASTM D-4718			
<i>A. Corrección para el Contenido de Humedad (MC) - Muestra Total</i>			
3/4"	23.0	%	retenido en 3/4"
C.H.	1.2	%	
3/4"	77.0	%	pasante en 3/4"
C.H.	8.5	%	
C.H. Corregido= (0.2297 x 1.190) + (0.7703 x 8.4565085376073) =			6.8
<i>B. Corrección para Máxima Densidad Seca de Muestra Total</i>			
	2.210	gr/cm3 Valor del Proctor sin corrección (Ver curva adjunta)	
<b>Página 2</b>			
$DCS = [ 100 * (Df) * (Gm) * (Dw) ] / [ (Df * Pc) + (Gm * Dw * Pf) ]$			
DSC =	Corrección de peso unitario seco del Material Total calcul		=
Df =	Optima Densidad Seca Fracción Fina		= 2.210
Gm =	Peso Especifico de Grava		= 2.833
Dw =	Peso Unitario de Agua		= 1
Pc =	Porcentaje de Sobretamaño		= 22.97
Pf =	Porcentaje de Fracción Fina		= 77.03
DCS =	2.328	gr/cm3	
C.H. Corregido	6.8		
Densidad Seca Corregida	2.328		
<b>1. Si el valor del porcentaje retenido en la malla 3/4" es mayor a 30%, la corrección no es valida por este método. Realizar el cálculo usando el porcentaje retenido como 30% y como pasante 70%</b>			
<b>OBSERVACIONES:</b>			
.....			
.....			

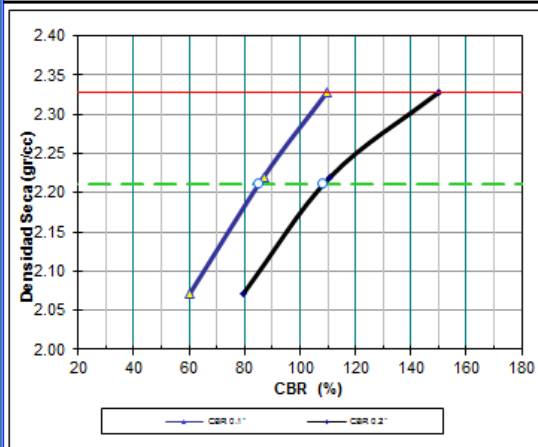


OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA PANAME					REVISIÓN	:						
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA					N° ENSAYO	:	B-3					
MATERIAL	: Base granular					TESISTAS	:	J.D.S. / J.E.M.					
MUESTRA	: Pista					FECHA	:	09/12/2016					
PROFUND.	:					DEL KM	:	157+500					
CANTERA	: San Francisco					AL KM	:	158+000					
DATOS DEL PROCTOR			DATOS DE LA MUESTRA			DATOS DE LA PRENSA							
MÁXIMA DENSIDAD SECA	:	2.328	g/cm <sup>3</sup>	CLASF. (SUCS):	GP - GM	CAPACIDAD	:	10000 Lbs.					
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDA:	:	6.79	%	CLASF. (AASHTO)	A-1-a (0)	ANILLO	:	1					
<b>ENSAYO DE CBR</b>													
<b>MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193</b>													
Molde N°	4			5			6						
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 húmed (gr)	12332		11995		12532								
Peso de molde (gr)	7035		6930		7714								
Peso del suelo húmedo (gr)	5297		5065		4818								
Volumen del molde (cm3)	2134		2139		2182								
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.482		2.368		2.208								
Humedad (%)	6.64		6.67		6.63								
Densidad seca (gr/cm3)	2.327		2.220		2.071								
Tarro N°	S/N			S/N			S/N						
Tarro + Suelo húmedo (gr)	562.00		560.00		563.00								
Tarro + Suelo seco (gr)	527.00		525.00		528.00								
Peso del Agua (gr)	35.00		35.00		35.00								
Peso del tarro (gr)													
Peso del suelo seco (gr)	527.00		525.00		528.00								
Humedad (%)	6.64		6.67		6.63								
Promedio de Humedad (%)	6.64		6.67		6.63								
<b>EXPANSIÓN</b>													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN						
				mm	%		mm	%					
<b>NO EXPANSIVO</b>													
<b>PENETRACIÓN</b>													
PENETRACIÓN pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 4				MOLDE N° 5				MOLDE N° 6			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		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		70	16			60	14			50	12		
0.050		175	40			114	26			88	20		
0.075		270	63			175	40			119	27		
0.100	70.3	338	78	77.3	109.9	275	64	61.30	87.2	185	43	42.51	60.5
0.150		503	117			395	92			278	64		
0.200	105.5	658	153	158.0	149.9	512	119	117.13	111.1	367	85	84.18	79.8
0.250		825	193			619	144			480	112		
0.300		984	231			720	168			528	123		
0.400		1189	280			842	197			593	138		
0.500		1213	285			989	232			690	161		



OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA PA	REVISIÓN	0 - Pagina 2 de 2
TRAMO	: HUACHO - PATIVLCA	Nº ENSAYO:	B - 3
MATERIAL	: Base granular	TESISTAS:	J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista	FECHA:	09/12/2016
PROFUND.	:	DEL KM:	157+500
CANTERA	: San Francisco	AL KM:	158+000

### GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



#### DATOS DE LA MUESTRA

CLASF. (SUCS):	GP - GM
CLASF. (AASHTO):	A-1-a (0)

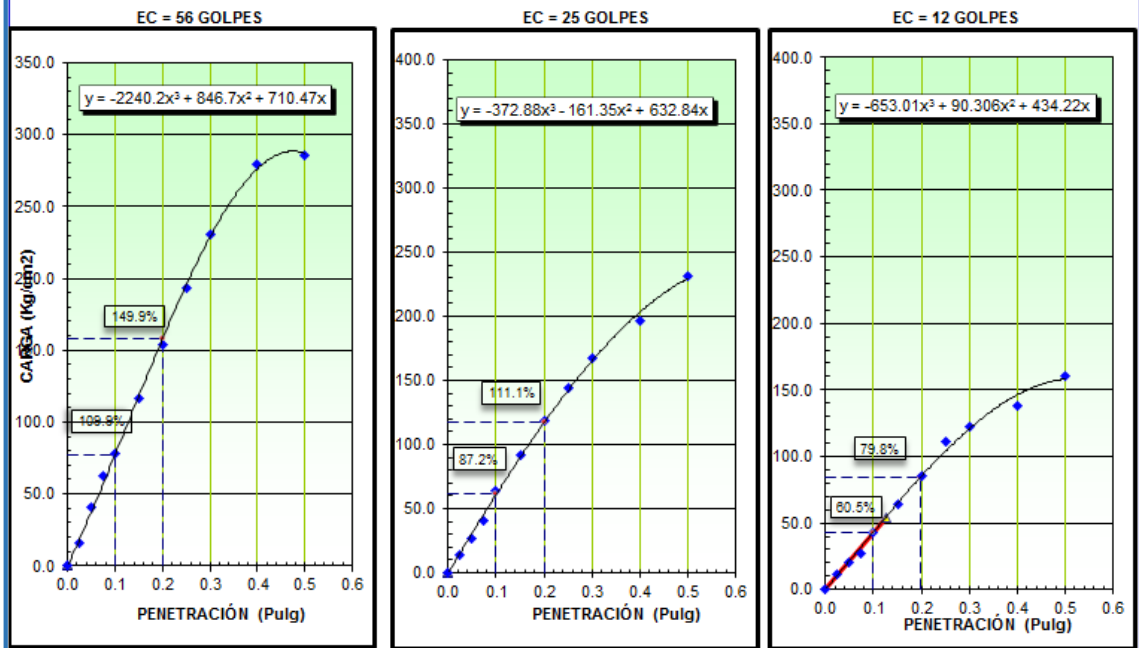
#### RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1%:	109.9	0.2%:	149.9
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1%:	85.0	0.2%:	108.0

#### Datos del Proctor

Densidad Seca	2.328	gr/cc
Óptimo Humedad	6.79	%

#### OBSERVACIONES:







EQUIVALENTE DE ARENA						
MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T-176						
OBRA	:	EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN			REVISIÓN	:
TRAMO	:	HUACHO - PATIVLCA			Nº ENSAYO	:
MATERIAL	:	Base granular			TESISTAS	:
MUESTRA	:	Pista			FECHA	:
PROFUND.	:				DEL KM	:
CANTERA	:	San Francisco			AL KM	:
Página 1						
MUESTRA		IDENTIFICACIÓN				
		1	2	3	4	
Hora de entrada a saturación		13:52	13:54	13:56		
Hora de salida de saturación (más 10')		14:02	14:04	14:06		
Hora de entrada a decantación		14:04	14:06	14:08		
Hora de salida de decantación (más 20')		14:24	14:26	14:28		
Altura máxima de material fino	mm	110.00	111.00	110.00		
Altura máxima de la arena	mm	78.00	77.00	77.00		
Equivalente de arena	%	71	70	70		
Equivalente de arena promedio	%	70.3				
Resultado equivalente de arena	%	71				
Observaciones:						
.....						
.....						
.....						
.....						



OBRA : EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA C				REVISIÓN :			
TRAMO : HUACHO - PATVILCA				N° ENSAYO : B - 3			
MATERIAL : Base granular				TESISTAS : J.D.S. / J.E.M.			
MUESTRA : Pista				FECHA : 09/12/2016			
PROFUND. :				DEL KM : 157+500			
CANTERA : San Francisco				AL KM : 158+000			
<b>PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS</b>							
MTC E 210 - ASTM D 5821							
<b>CON UNA O MÁS CARAS FRACTURADAS</b>							
AMAÑO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	1 CARA FRACTURADA (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D) (%)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1 1/2"	1"	2000	1818.6	90.9	12.4	1123.9	
1"	3/4"	1500	1289.6	86.0	7.5	647.4	
3/4"	1/2"	1200	991.3	82.6	11.4	943.4	
1/2"	3/8"	300	234.8	78.3	6.0	468.0	
TOTAL		5000.0	4334.3		37.3	3182.7	85.3
<b>CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS</b>							
AMAÑO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	2 CARAS FRACTURADAS (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D) (%)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1 1/2"	1"	2000	1632.6	81.6	12.4	1008.9	
1"	3/4"	1500	1183.7	78.9	7.5	594.2	
3/4"	1/2"	1200	894.5	74.5	11.4	851.3	
1/2"	3/8"	300	196.1	65.4	6.0	390.9	
TOTAL		5000.0	3906.9		37.3	2845.3	76.3
OBSERVACIONES:							
.....							
.....							
.....							
.....							



OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRES				REVISIÓN	:
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA				N° ENSAYO	: B - 3
MATERIAL	: Base granular				TESISTAS	: J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista				FECHA	: 09/12/2016
PROFUND.	:				DEL KM	: 157+500
CANTERA	: San Francisco				AL KM	: 158+000
<b>PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS</b>						
ASTM D 4791						
TAMIZ	Peso por mallas (A) (gr)	Peso chatas y alargadas (B) (gr)	Porcentaje (C)=(B)/(A)*100 (%)	Gradación Original (D) (%)	Corrección (E)=(C)*(D) (%)	(E)/(D) (%)
2" - 1 1/2"	1182	89.4	7.6	3.1	23.3	
1 1/2" - 1"	4738	288.2	6.1	12.4	75.2	
1" - 3/4"	2885	199.6	6.9	7.5	52.1	
3/4" - 1/2"	4377	399.6	9.1	11.4	104.3	
1/2" - 3/8"	2293	261.8	11.4	6.0	68.3	
Peso Total (gr.)	15475	1238.6		40.4	323.1	8.0
Observaciones:						
.....						
.....						
.....						
.....						



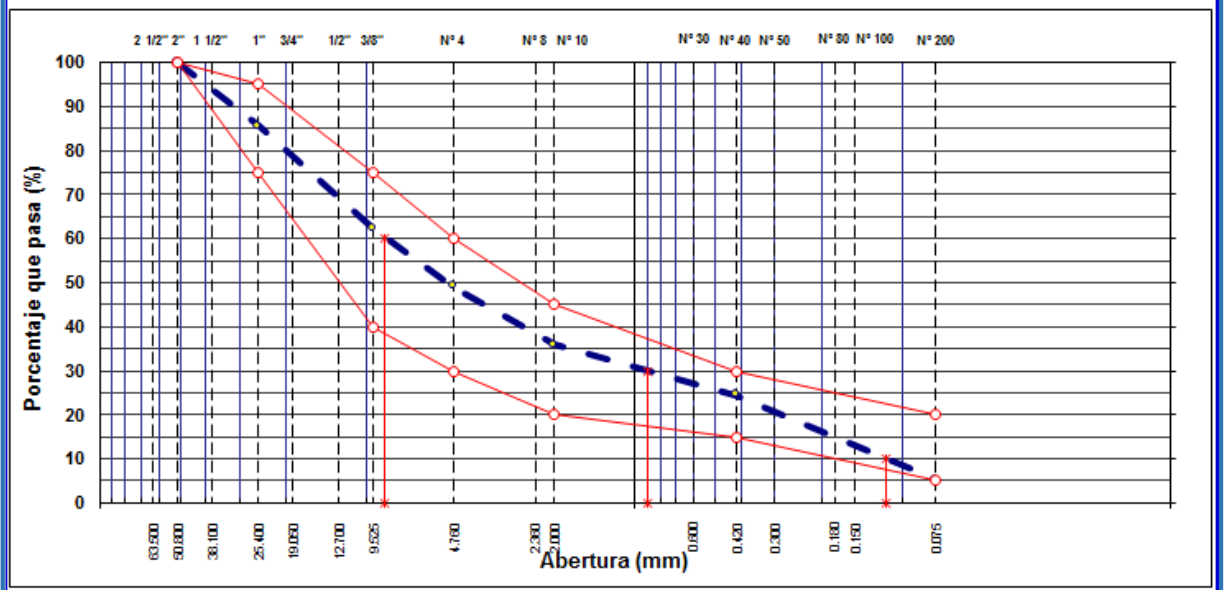
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

OBRA : EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA	REVISIÓN :
TRAMO : HUACHO - PATIVLCA	Nº ENSAYO : B - 4
MATERIAL : Base granular	TESISTAS : J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA : Pista	FECHA : 13/12/2016
PROFUND. :	DEL KM : 158+500
CANTERA : San Francisco	AL KM : 159+000

TAMIZ	ABERT. mm	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO B	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						PESO TOTAL = 27.866.0 gr
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 26389.6 gr
2"	50.800				100.0	100 - 100	PESO FINO = 562.0 gr
1 1/2"	38.100	1,168.0	4.2	4.2	95.8		LÍMITE LÍQUIDO = 15 %
1"	25.400	2,866.0	10.3	14.5	85.5	HUSO B	LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %
3/4"	19.050	2,010.0	7.2	21.7	78.3		ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %
1/2"	12.700	2,830.0	10.2	31.8	68.2		CLASF. AASHTO = A-1-a (0)
3/8"	9.525	1,629.0	5.9	37.7	62.3	40 - 75	CLASF. SUCCS = GP - GM
1/4"	6.350						Ensayo Malla #200 ; P.S.Seco ; P.S.Lavado ; % 200
# 4	4.760	3,648.0	13.1	50.8	49.2	30 - 60	27866.0 ; 26389.6 ; 5.3
# 8	2.360						% Grava = 50.8 %
# 10	2.000	153.0	13.4	64.2	35.8	20 - 45	% Arena = 43.9 %
# 30	0.600						% Fino = 5.3 %
# 40	0.420	130.0	11.4	75.6	24.4	15 - 30	% HUMEDAD ; P.S.H. ; P.S.S. ; % Humedad
# 50	0.300						597.5 ; 562.0 ; 6.3%
# 80	0.180						OBSERVACIONES:
# 100	0.150	141.7	12.4	88.0	12.0		
# 200	0.075	76.8	6.7	94.7	5.3	5 - 20	
< # 200	FONDO	60.5	5.3	100.0	0.0		
FRACCIÓN		562.0					Coef. Uniformidad 75 ; Índice de Consistencia
TOTAL		27,866.0					Coef. Curvatura 0.8 ; Pot. de Expansión Bajo

### CURVA GRANULOMÉTRICA





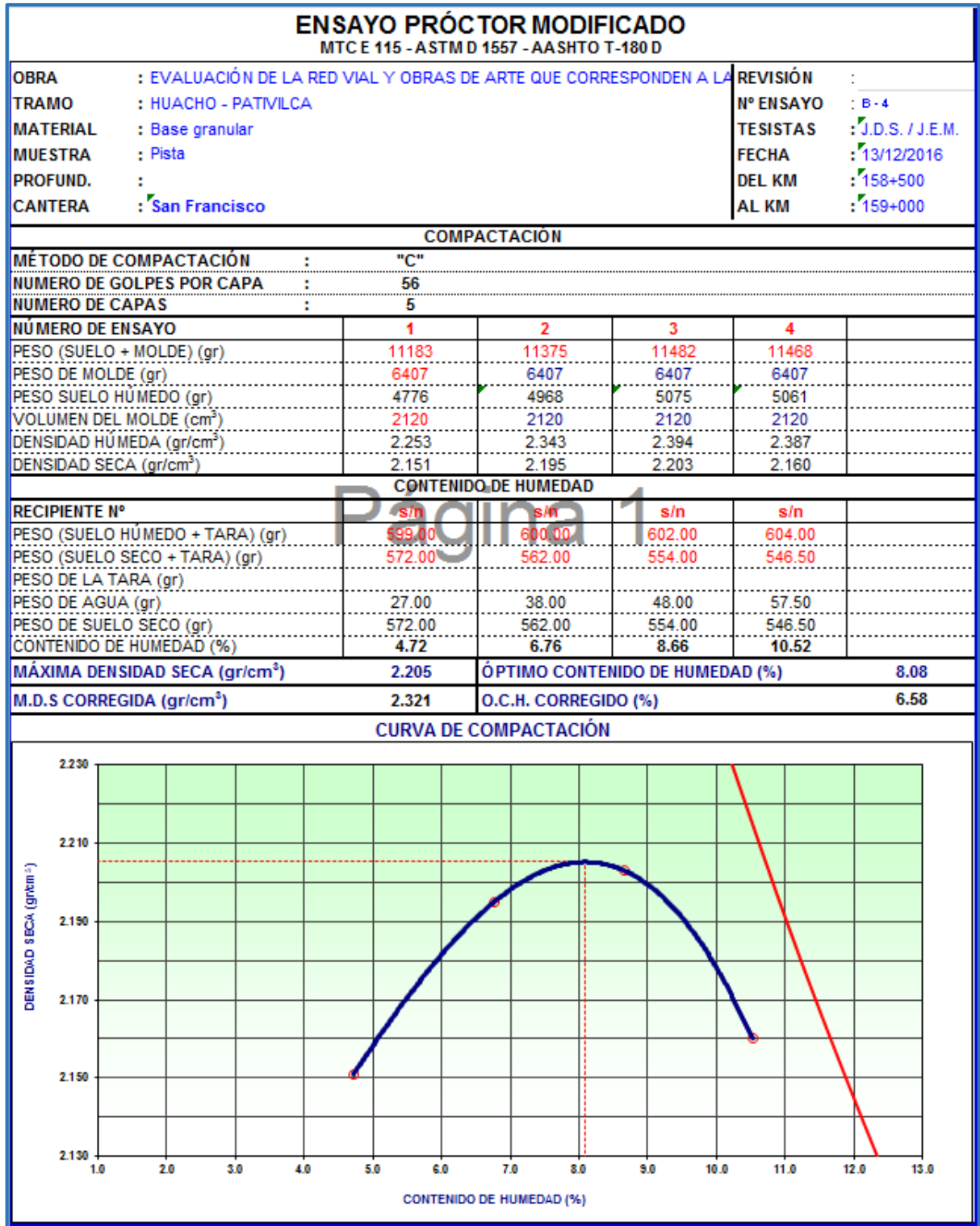
<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>					
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90					
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 155+000 - KM 160+000 UBICADO EN EL DISTRITO DE HUAURA, PROVINCIA DE HUAURA, DEPARTAMENTO DE LIMA			Nº ENSAYO	:
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA			Nº ENSAYO	: B-4
MATERIAL	: Base granular			TESISTAS	: J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista			FECHA	: 13/12/2016
PROFUND.	:			DEL KM	: 158+500
CANTERA	: San Francisco			AL KM	: 159+000
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>					
Nº TARRO	2	3	6		
TARRO + SUELO HÚMEDO	49.23	52.21	50.32		
TARRO + SUELO SECO	47.75	50.36	48.67		
AGUA	1.48	1.85	1.65		
PESO DEL TARRO	39.09	38.63	37.42		
PESO DEL SUELO SECO	8.66	11.73	11.25		
% DE HUMEDAD	17.09	15.77	14.67		
Nº DE GOLPES	15	22	31		
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>					
Nº TARRO					
TARRO + SUELO HÚMEDO					
TARRO + SUELO SECO					
AGUA					
PESO DEL TARRO					
PESO DEL SUELO SECO					
% DE HUMEDAD					
<b>DIAGRAMA DE FLUIDEZ</b>					
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES			
LÍMITE LÍQUIDO	15.4				
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.				
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.				



<b>HUMEDAD NATURAL ASTM D 2216; MTC E 108</b>			
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPON	REVISIÓN	:
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA	Nº ENSAYO	: B - 4
MATERIAL	: Base granular	TESISTAS	: J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista	FECHA	: 13/12/2016
PROFUND.	:	DEL KM	: 158+500
CANTERA	: San Francisco	AL KM	: 159+000
<b>Página 1</b>			
<b>DATOS</b>			
Nº de Ensayo	1	2	
Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.)	597.50	639.04	
Peso de Mat. Seco + Tara (gr.)	562.00	600.75	
Peso de Tara (gr.)			
Peso de Agua (gr.)	35.50	38.29	
Peso Mat. Seco (gr.)	562.00	600.75	
Humedad Natural (%)	6.32	6.37	
<b>Promedio de Humedad Natural (%)</b>	<b>6.35</b>		
<b>OBSERVACIONES:</b>			
.....			
.....			
.....			



PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS					
MTC E- 205-206, ASTM C-127-128, AASHTO T-84-85					
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA	REVISIÓN	: 00		
TRAMO	: HUACHO - PATIVLCA	Nº ENSAYO	: B - 4		
MATERIAL	: Base granular	TESISTAS	: J.D.S. / J.E.M.		
MUESTRA	: Pista	FECHA	: 13/12/2016		
PROFUND.	:	DEL KM	: 158+500		
CANTERA	: San Francisco	AL KM	: 159+000		
DATOS DE LA MUESTRA					
AGREGADO GRUESO					
A	Peso material saturado superf. seco (en aire) (gr)	1789.7	1757.6		
B	Peso material saturado superf. seco (en agua) (gr)	1164.4	1143.3		
C	Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm <sup>3</sup> )	625.3	614.3		
D	Peso material seco en estufa ( 105 °C ) (gr)	1779.5	1747.5		
E	Volumen de masa = C - ( A - D ) (cm <sup>3</sup> )	615.1	604.2		PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.846	2.845		2.845
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.862	2.861		2.862
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.893	2.892		2.893
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	0.575	0.578		0.58%
AGREGADO FINO					
A	Peso material saturado superficialmente seco ( en Air	500.0	500.0		
B	Peso frasco + agua (gr)	662.5	1288.3		
C	Peso frasco + agua + A (gr)	1162.5	1788.3		
D	Peso del material + agua en el frasco (gr)	985.9	1612.8		
E	Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm3)	176.6	175.45		
F	Peso de material seco en estufa (105°C) (gr)	495.9	495.64		
G	Volumen de masa = E - ( A - F ) (cm3)	172.5	171.09		PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = F/E	2.808	2.825		2.817
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E	2.831	2.850		2.841
	Pe Aparente ( Base seca ) = F/G	2.875	2.897		2.886
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0.823	0.880		0.85%
OBSERVACIONES:					







<b>CORRECCIÓN DEL PROCTOR MODIFICADO POR GRAVA</b>			
<b>ASTM D-4718</b>			
<i>A. Corrección para el Contenido de Humedad (MC) - Muestra Total</i>			
3/4"	21.7	% retenido en 3/4"	
C.H.	1.2	%	
3/4"	78.3	% pasante en 3/4"	
C.H.	8.1	%	
C.H. Corregido=		$(0.2168 \times 1.180) + (0.7832 \times 8.07980498527782) =$	6.6
<i>B. Corrección para Máxima Densidad Seca de Muestra Total</i>			
	2.205	gr/cm3 Valor del Proctor sin corrección (Ver curva adjunta)	
<b>Página 2</b>			
$DCS = [ 100 * (Df) * (Gm) * (Dw) ] / [ (Df * Pc) + (Gm * Dw * Pf) ]$			
DSC =	Corrección de peso unitario seco del Material Total calcul:		=
Df =	Optima Densidad Seca Fracción Fina		= 2.205
Gm =	Peso Especifico de Grava		= 2.862
Dw =	Peso Unitario de Agua		= 1
Pc =	Porcentaje de Sobretamaño		= 21.68
Pf =	Porcentaje de Fracción Fina		= 78.32
DCS =	2.321	gr/cm3	
C.H. Corregido	6.6		
Densidad Seca Corregida	2.321		
<b>1. Si el valor del porcentaje retenido en la malla 3/4" es mayor a 30%, la corrección no es valida por este método. Realizar el cálculo usando el porcentaje retenido como 30% y como pasante 70%</b>			
<b>OBSERVACIONES:</b>			
.....			
.....			



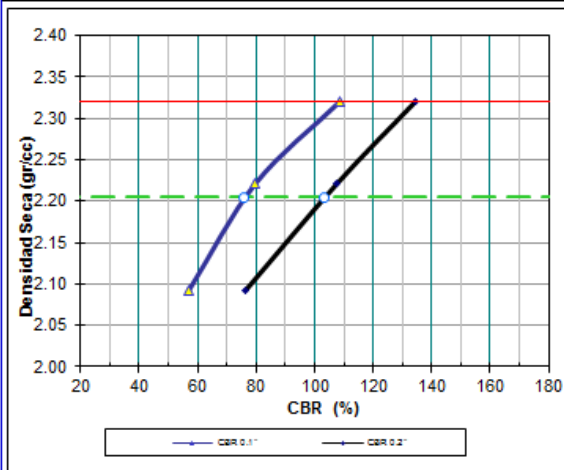
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE						REVISIÓN	:					
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA						N° ENSAYO	:	B-4				
MATERIAL	: Base granular						TESISTAS	:	J.D.S. / J.E.M.				
MUESTRA	: Pista						FECHA	:	13/12/2016				
PROFUND.	:						DEL KM	:	158+500				
CANTERA	: San Francisco						AL KM	:	159+000				
DATOS DEL PROCTOR			DATOS DE LA MUESTRA			DATOS DE LA PRENSA							
MÁXIMA DENSIDAD SECA	:	2.321 g/cm <sup>3</sup>	CLASF. (SUCS)	:	GP - GM	CAPACIDAD	:	10000 Lbs.					
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDA	:	6.58 %	CLASF. (AASHTO)	:	A-1-a (0)	ANILLO	:	1					
<b>ENSAYO DE CBR</b>													
<b>MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193</b>													
Molde N°	7			8			9						
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 húmed (gr)	12812		11947		11822								
Peso de molde (gr)	7605		6801		7124								
Peso del suelo húmedo (gr)	5207		5146		4698								
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2104		2171		2105								
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.475		2.370		2.232								
Humedad (%)	6.64		6.65		6.67								
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.321		2.222		2.092								
Tarro N°	S/N			S/N			S/N						
Tarro + Suelo húmedo (gr)	578.00		577.00		576.00								
Tarro + Suelo seco (gr)	542.00		541.00		540.00								
Peso del Agua (gr)	36.00		36.00		36.00								
Peso del tarro (gr)													
Peso del suelo seco (gr)	542.00		541.00		540.00								
Humedad (%)	6.64		6.65		6.67								
Promedio de Humedad (%)	6.64		6.65		6.67								
<b>EXPANSIÓN</b>													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN						
				mm	%		mm	%					
<b>NO EXPANSIVO</b>													
<b>PENETRACIÓN</b>													
PENETRACIÓN pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 7				MOLDE N° 8				MOLDE N° 9			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		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		92	21			55	13			30	7		
0.050		170	39			98	23			68	16		
0.075		263	61			168	39			105	24		
0.100	70.3	331	77	76.5	108.8	254	59	56.11	79.8	171	40	39.98	56.9
0.150		481	112			378	88			245	57		
0.200	105.5	606	141	141.7	134.3	492	114	113.67	107.8	291	67	80.74	76.6
0.250		722	168			595	139			385	89		
0.300		861	201			720	168			515	120		
0.400		1142	268			860	201			616	144		
0.500		1418	335			950	223			660	154		



### ENSAYO DE CBR

OBRA	EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE	REVISIÓN	
TRAMO	HUACHO - PATIVLCA	N° ENSAYO:	B-4
MATERIAL	Base granular	TESISTAS:	J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	Pista	FECHA:	13/12/2016
PROFUND.		DEL KM:	158+500
CANTERA	San Francisco	AL KM:	159+000

### GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



**DATOS DE LA MUESTRA**

CLASF. (SUCS):	GP - GM
CLASF. (AASHTO):	A-1-a (0)

**RESULTADOS:**

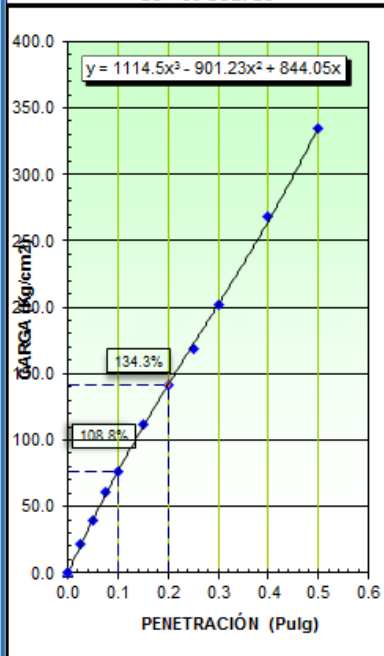
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	108.8	0.2":	134.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	76.0	0.2":	103.0

**Datos del Proctor**

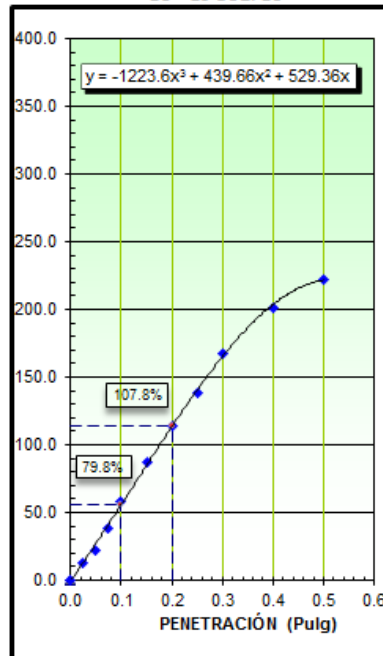
Densidad Seca	2.321	gr/cc
Óptimo Humedad	6.58	%

**OBSERVACIONES:**

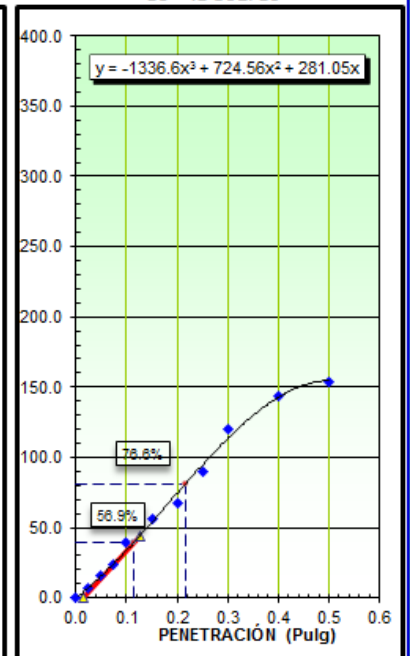
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES





EQUIVALENTE DE ARENA						
MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T-176						
OBRA	:	EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN			REVISIÓN	:
TRAMO	:	HUACHO - PATIVILCA			Nº ENSAYO	:
MATERIAL	:	Base granular			TESISTAS	:
MUESTRA	:	Pista			FECHA	:
PROFUND.	:				DEL KM	:
CANTERA	:	San Francisco			AL KM	:
Página 1						
MUESTRA		IDENTIFICACIÓN				
		1	2	3	4	
Hora de entrada a saturación		11:08	11:10	11:12		
Hora de salida de saturación (más 10')		11:18	11:20	11:22		
Hora de entrada a decantación		11:20	11:22	11:24		
Hora de salida de decantación (más 20')		11:40	11:42	11:44		
Altura máxima de material fino	mm	94.00	92.00	92.00		
Altura máxima de la arena	mm	72.00	70.00	71.00		
Equivalente de arena	%	77	77	78		
Equivalente de arena promedio	%	77.3				
Resultado equivalente de arena	%	78				
Observaciones:						
.....						
.....						
.....						
.....						



OBRA : EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA C						REVISIÓN :	
TRAMO : HUACHO - PATIVILCA						Nº ENSAYO : B - 4	
MATERIAL : Base granular						TESISTAS : J.D.S. / J.E.M.	
MUESTRA : Pista						FECHA : 13/12/2016	
PROFUND. :						DEL KM : 158+500	
CANTERA : San Francisco						AL KM : 159+000	
<b>PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS</b>							
MTC E 210 - ASTM D 5821							
<b>CON UNA O MÁS CARAS FRACTURADAS</b>							
AMAÑO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	1 CARA FRACTURADA (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D) (%)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1 1/2"	1"	2000	1801.6	90.1	10.3	926.0	
1"	3/4"	1500	1365.3	91.0	7.2	656.3	
3/4"	1/2"	1200	986.6	82.2	10.2	835.3	
1/2"	3/8"	300	271.6	90.5	5.9	529.6	
TOTAL		5000.0	4425.1		33.5	2947.2	88.0
<b>CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS</b>							
AMAÑO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	2 CARAS FRACTURADAS (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D) (%)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1 1/2"	1"	2000	1501.3	75.1	10.3	771.7	
1"	3/4"	1500	1089.6	72.6	7.2	523.7	
3/4"	1/2"	1200	884.5	73.7	10.2	748.9	
1/2"	3/8"	300	251.6	83.9	5.9	490.6	
TOTAL		5000.0	3727.0		33.5	2534.9	75.7
OBSERVACIONES:							
.....							
.....							
.....							



OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 155+000 - KM 160+000 UBICADO EN EL DISTRITO DE HUAURA, PROVINCIA DE HUAURA, DEPARTAMENTO DE LIMA					REVISIÓN	:
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA					Nº ENSAYO	: B - 4
MATERIAL	: Base granular					TESISTAS	: J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista					FECHA	: 13/12/2016
PROFUND.	:					DEL KM	: 158+500
CANTERA	: San Francisco					AL KM	: 159+000
<b>PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS</b>							
ASTM D 4791							
TAMIZ	Peso por mallas (A) (gr)	Peso chatas y alargadas (B) (gr)	Porcentaje (C)=(B)/(A)*100 (%)	Gradación Original (D) (%)	Corrección (E)=(C)*(D) (%)	(E)/(D) (%)	
2" - 1 1/2"	1168	86.6	7.4	4.2	31.1		
1 1/2" - 1"	2866	251.3	8.8	10.3	90.1		
1" - 3/4"	2010	185.8	9.2	7.2	66.6		
3/4" - 1/2"	2830	268.3	9.5	10.2	96.3		
1/2" - 3/8"	1629	102.0	6.3	5.9	36.6		
Peso Total (gr.)	10503	894.0		37.7	320.8	8.5	
Observaciones:							
.....							
.....							
.....							
.....							



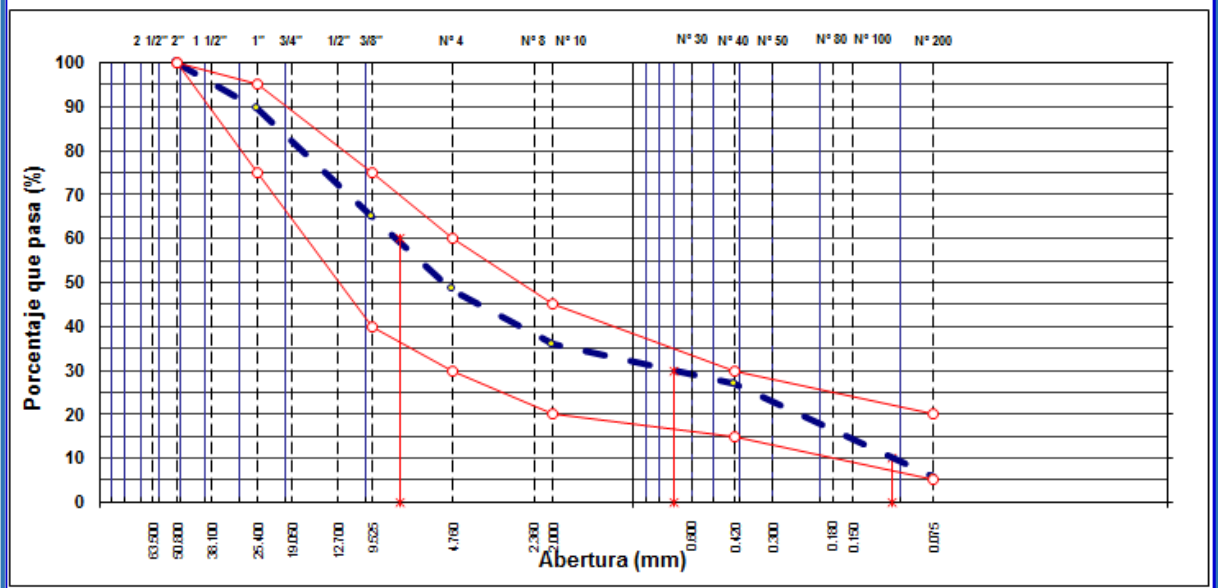
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

OBRA : EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA	REVISIÓN :
TRAMO : HUACHO - PATIVLCA	Nº ENSAYO : B - 5
MATERIAL : Base granular	TESISTAS : J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA : Pista	FECHA : 20/12/2016
PROFUND. :	DEL KM : 159+500
CANTERA : San Francisco	AL KM : 160+000

TAMIZ	ABERT. mm	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO B	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200						PESO TOTAL = 18,257.0 gr	
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 17238.6 gr	
2"	50.800				100.0	100 - 100	PESO FINO = 590.0 gr	
1 1/2"	38.100	559.0	3.1	3.1	96.9		LÍMITE LÍQUIDO = 15 %	
1"	25.400	1,367.0	7.5	10.6	89.5	HUSO B	LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %	
3/4"	19.050	1,115.0	6.1	16.7	83.3		ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %	
1/2"	12.700	2,057.0	11.3	27.9	72.1		CLASF. AASHTO = A-1-a (0)	
3/8"	9.525	1,286.0	7.0	35.0	65.0	40 - 75	CLASF. SUCCS = GP - GM	
1/4"	6.350						Ensayo Malla #200 P.S. Seco P.S. Lavado % 200	
# 4	4.760	3,050.0	16.7	51.7	48.3	30 - 60	18257.0 17238.6 5.6	
# 8	2.360						% Grava = 51.7 %	
# 10	2.000	151.5	12.4	64.1	35.9	20 - 45	% Arena = 42.7 %	
# 30	0.600						% Fino = 5.6 %	
# 40	0.420	108.7	8.9	73.0	27.0	15 - 30	% HUMEDAD P.S.H. P.S.S. % Humedad	
# 50	0.300						626.0 590.0 6.1%	
# 80	0.180						OBSERVACIONES:	
# 100	0.150	181.3	14.8	87.8	12.2			
# 200	0.075	80.4	6.6	94.4	5.6	5 - 20		
< # 200	FONDO	68.1	5.6	100.0	0.0			
FRACCIÓN		590.0					Coef. Uniformidad 70 Índice de Consistencia	
TOTAL		18,257.0					Coef. Curvatura 0.6 -	
Descripción suelo: Grava pobremente gradada con limo y arena							Pot. de Expansión	Bajo -

### CURVA GRANULOMÉTRICA





<b>LÍMITES DE ATTERBERG</b>			
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90			
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CAR	Nº ENSAYO	:
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA	Nº ENSAYO	: B-5
MATERIAL	: Base granular	TESISTAS	: J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista	FECHA	: 20/12/2016
PROFUND.	:	DEL KM	: 159+500
CANTERA	: San Francisco	AL KM	: 160+000
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>			
Nº TARRO	5	6	8
TARRO + SUELO HÚMEDO	55.62	53.68	53.89
TARRO + SUELO SECO	53.38	51.42	52.07
AGUA	2.24	2.26	1.82
PESO DEL TARRO	40.58	37.42	39.75
PESO DEL SUELO SECO	12.80	14.00	12.32
% DE HUMEDAD	17.50	16.14	14.77
Nº DE GOLPES	14	21	29
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			
Nº TARRO			
TARRO + SUELO HÚMEDO			
TARRO + SUELO SECO			
AGUA			
PESO DEL TARRO			
PESO DEL SUELO SECO			
% DE HUMEDAD			
<b>DIAGRAMA DE FLUIDEZ</b>			
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES	
LÍMITE LÍQUIDO	15.4		
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.		
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.		





<b>HUMEDAD NATURAL ASTM D 2216; MTC E 108</b>			
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPON	REVISIÓN	:
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA	Nº ENSAYO	: B - 5
MATERIAL	: Base granular	TESISTAS	: J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista	FECHA	: 20/12/2016
PROFUND.	:	DEL KM	: 159+500
CANTERA	: San Francisco	AL KM	: 160+000
<b>DATOS</b>			
Nº de Ensayo	1	2	
Peso de Mat. Humedo + Tara (gr.)	626.00	669.52	
Peso de Mat. Seco + Tara (gr.)	590.00	630.68	
Peso de Tara (gr.)			
Peso de Agua (gr.)	36.00	38.84	
Peso Mat. Seco (gr.)	590.00	630.68	
Humedad Natural (%)	6.10	6.16	
Promedio de Humedad Natural (%)	6.13		
<b>OBSERVACIONES:</b>			
-----			
-----			
-----			



PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS					
MTC E- 205-206, ASTM C-127-128, AASHTO T-84-85					
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA	REVISIÓN :			
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA	N° ENSAYO B - 5			
MATERIAL	: Base granular	TESISTAS J.D.S. / J.E.M.			
MUESTRA	: Pista	FECHA : 20/12/2016			
PROFUND.	:	DEL KM : 159+500			
CANTERA	: San Francisco	AL KM : 160+000			
DATOS DE LA MUESTRA					
AGREGADO GRUESO					
A	Peso material saturado superf. seco (en aire) (gr)	2138.1	2200.4		
B	Peso material saturado superf. seco (en agua) (gr)	1385.9	1421.3		
C	Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm <sup>3</sup> )	752.2	779.1		
D	Peso material seco en estufa ( 105 °C )(gr)	2122.4	2182.7		
E	Volumen de masa = C- ( A - D ) (cm <sup>3</sup> )	736.5	761.4		PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.822	2.802		2.812
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.842	2.824		2.833
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.882	2.867		2.874
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	0.740	0.811		0.78%
AGREGADO FINO					
A	Peso material saturado superficialmente seco ( en Air	500.0	500.0		
B	Peso frasco + agua (gr)	662.5	1288.3		
C	Peso frasco + agua + A (gr)	1162.5	1788.3		
D	Peso del material + agua en el frasco (gr)	984.63	1611.08		
E	Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm <sup>3</sup> )	177.9	177.17		
F	Peso de material seco en estufa (105°C) (gr)	496.0	495.9		
G	Volumen de masa = E - ( A - F ) (cm <sup>3</sup> )	173.9	173.07		PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = F/E	2.789	2.799		2.794
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E	2.811	2.822		2.817
	Pe Aparente ( Base seca ) = F/G	2.853	2.865		2.859
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0.806	0.827		0.82%
OBSERVACIONES:					



### ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO MTC E 115 - ASTM D 1557 - AASHTO T-180 D

OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA	REVISIÓN	:
TRAMO	: HUACHO - PATVILCA	Nº ENSAYO	: B - 5
MATERIAL	: Base granular	TESISTAS	: J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista	FECHA	: 20/12/2016
PROFUND.	:	DEL KM	: 159+500
CANTERA	: San Francisco	AL KM	: 160+000

#### COMPACTACIÓN

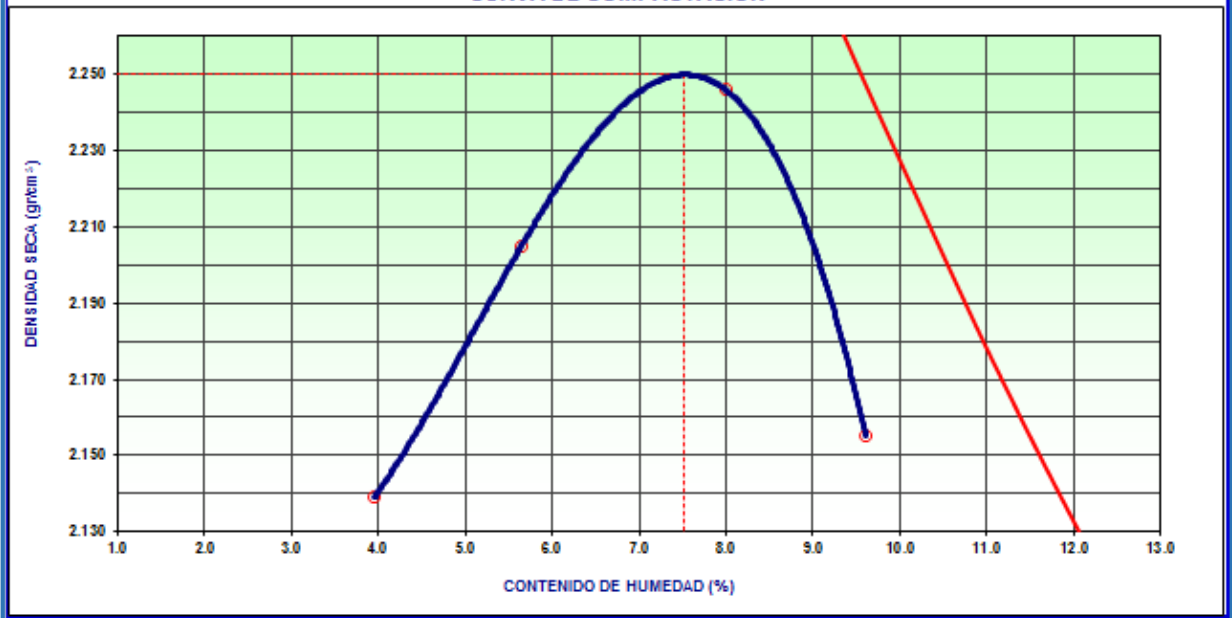
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	: "C"
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	: 25
NUMERO DE CAPAS	: 5

NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4
PESO (SUELO + MOLDE) (gr)	11120	11345	11550	11414
PESO DE MOLDE (gr)	6407	6407	6407	6407
PESO SUELO HÚMEDO (gr)	4713	4938	5143	5007
VOLUMEN DEL MOLDE (cm <sup>3</sup> )	2120	2120	2120	2120
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.223	2.329	2.426	2.362
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.139	2.205	2.246	2.155

#### CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE Nº	s/n	s/n	s/n	s/n	
PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (gr)	549.90	559.60	526.04	587.50	
PESO (SUELO SECO + TARA) (gr)	529.00	529.70	487.10	536.00	
PESO DE LA TARA (gr)					
PESO DE AGUA (gr)	20.90	29.90	38.94	51.50	
PESO DE SUELO SECO (gr)	529.00	529.70	487.10	536.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.95	5.64	7.99	9.61	
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.250			ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.52
M.D.S CORREGIDA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.330			O.C.H. CORREGIDO (%)	6.45

#### CURVA DE COMPACTACIÓN





<b>CORRECCIÓN DEL PROCTOR MODIFICADO POR GRAVA</b>			
<b>ASTM D-4718</b>			
<i>A. Corrección para el Contenido de Humedad (MC) - Muestra Total</i>			
3/4"	16.7	% retenido en 3/4"	
C.H.	1.1	%	
3/4"	83.3	% pasante en 3/4"	
C.H.	7.5	%	
C.H. Corregido= $(0.1666 \times 1.060) + (0.8334 \times 7.52477211952496) =$			6.4
<i>B. Corrección para Máxima Densidad Seca de Muestra Total</i>			
	2.250	gr/cm3 Valor del Proctor sin corrección (Ver curva adjunta)	
<b>Página 2</b>			
$DCS = [ 100 * (Df) * (Gm) * (Dw) ] / [ (Df * Pc) + (Gm * Dw * Pf) ]$			
DSC =	Corrección de peso unitario seco del Material Total calcul:		=
Df =	Optima Densidad Seca Fracción Fina		= 2.250
Gm =	Peso Especifico de Grava		= 2.833
Dw =	Peso Unitario de Agua		= 1
Pc =	Porcentaje de Sobretamaño		= 16.66
Pf =	Porcentaje de Fracción Fina		= 83.34
DCS =	2.330	gr/cm3	
C.H. Corregido	6.4		
Densidad Seca Corregida	2.330		
<b>1. Si el valor del porcentaje retenido en la malla 3/4" es mayor a 30%, la corrección no es valida por este método. Realizar el cálculo usando el porcentaje retenido como 30% y como pasante 70%</b>			
<b>OBSERVACIONES:</b>			
.....			
.....			



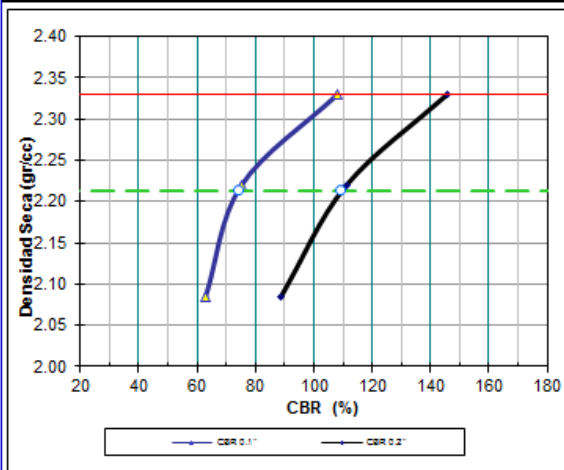
OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LAS PROGRESIVAS KM 155+000 - KM 160+000 UBICADO EN EL DISTRITO DE HUAURA, PROVINCIA DE HUAURA, DEPARTAMENTO DE LIMA					REVISIÓN	:						
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA					Nº ENSAYO	:	B - 5					
MATERIAL	: Base granular					TESISTAS	:	J.D.S. / J.E.M.					
MUESTRA	: Pista					FECHA	:	20/12/2016					
PROFUND.	:					DEL KM	:	159+500					
CANTERA	: San Francisco					AL KM	:	160+000					
DATOS DEL PROCTOR			DATOS DE LA MUESTRA			DATOS DE LA PRENSA							
MÁXIMA DENSIDAD SECA	:	2.330	g/cm <sup>3</sup>	CLASF. (SUCS)	:	GP - GM	CAPACIDAD	: 10000 Lbs.					
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDA	:	6.45	%	CLASF. (AASHTO)	:	A-1-a (0)	ANILLO	: 1					
<b>ENSAYO DE CBR</b>													
<b>MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T-193</b>													
Molde Nº	1		2		3								
Nº Capa	5		5		5								
Golpes por capa Nº	56		25		12								
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso molde + suelo húmed (gr)	14278		14153		13893								
Peso de molde (gr)	9125		9200		9230								
Peso del suelo húmedo (gr)	5153		4953		4663								
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2087		2100		2104								
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.469		2.359		2.216								
Humedad (%)	6.02		6.32		6.29								
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.329		2.219		2.085								
Tarro Nº	S/N		S/N		S/N								
Tarro + Suelo húmedo (gr)	484.63		563.70		476.64								
Tarro + Suelo seco (gr)	457.10		530.20		448.45								
Peso del Agua (gr)	27.53		33.50		28.19								
Peso del tarro (gr)													
Peso del suelo seco (gr)	457.10		530.20		448.45								
Humedad (%)	6.02		6.32		6.29								
Promedio de Humedad (%)	6.02		6.32		6.29								
<b>EXPANSIÓN</b>													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN			
				mm	%		mm	%		mm	%		
<b>NO EXPANSIVO</b>													
<b>PENETRACIÓN</b>													
PENETRACIÓN pulg	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		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		68	16			41	9			32	7		
0.050		161	37			92	21			65	15		
0.075		278	64			159	37			110	25		
0.100	70.3	341	79	75.9	108.0	224	52	52.78	75.1	160	37	44.27	63.0
0.150		507	118			371	86			241	56		
0.200	105.5	638	149	153.7	145.7	494	115	117.14	111.1	350	81	93.70	88.9
0.250		755	176			664	155			480	112		
0.300		986	231			787	184			590	137		
0.400		1196	281			971	228			705	164		
0.500		1266	298			1125	264			780	182		



### ENSAYO DE CBR

OBRA	EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETERA PA	REVISIÓN	0 - Pagina 2 de 2
TRAMO	HUACHO - PATIVLCA	N° ENSAYO:	B-5
MATERIAL	Base granular	TESISTAS:	J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	Pista	FECHA:	20/12/2016
PROFUND.		DEL KM:	159+500
CANTERA	San Francisco	AL KM:	160+000

### GRÁFICO DE PENETRACIÓN DE CBR



#### DATOS DE LA MUESTRA

CLASF. (SUCS):	GP - GM
CLASF. (AASHTO):	A-1-a (0)

#### RESULTADOS:

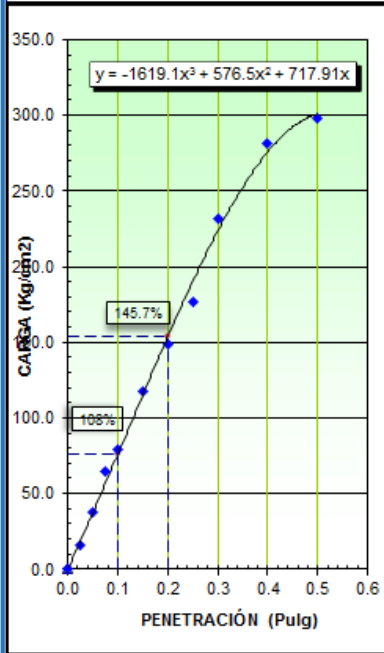
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	108.0	0.2":	145.7
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	74.3	0.2":	109.0

#### Datos del Proctor

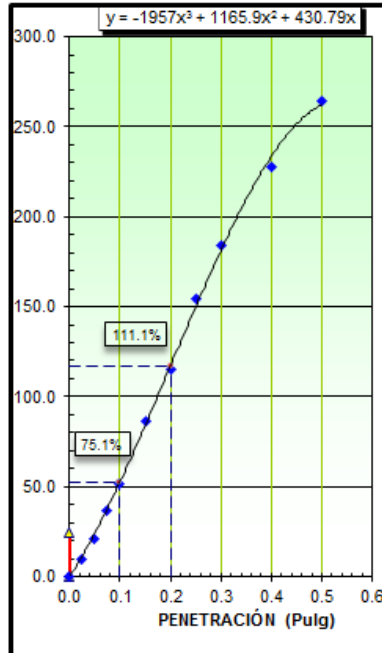
Densidad Seca	2.330	gr/cc
Óptimo Humedad	6.45	%

#### OBSERVACIONES:

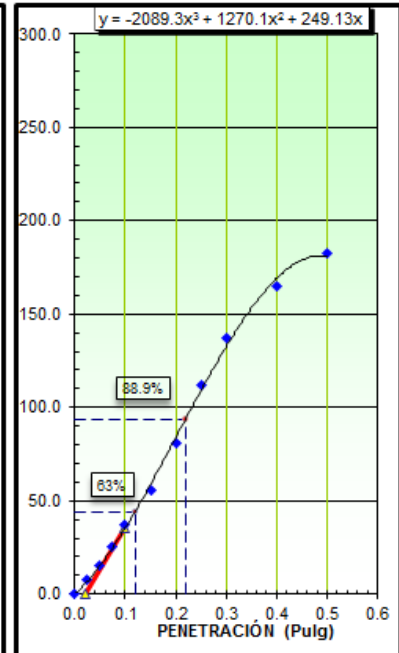
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES





<b>OBRA : EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA C</b> <b>TRAMO : HUACHO - PATIVLCA</b> <b>MATERIAL : Base granular</b> <b>MUESTRA : Pista</b> <b>PROFUND. :</b> <b>CANTERA : San Francisco</b>						<b>REVISIÓN :</b> <b>Nº ENSAYO : B - 5</b> <b>TESISTAS : J.D.S. / J.E.M.</b> <b>FECHA : 20/12/2016</b> <b>DEL KM : 159+500</b> <b>AL KM : 160+000</b>	
<b>PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS</b> MTC E 210 - ASTM D 5821							
<b>CON UNA O MÁS CARAS FRACTURADAS</b>							
AMAÑO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	1 CARA FRACTURADA (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D) (%)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1 1/2"	1"	2000	1852.3	92.6	7.5	693.7	
1"	3/4"	1500	1214.6	81.0	6.1	494.7	
3/4"	1/2"	1200	1012.6	84.4	11.3	951.0	
1/2"	3/8"	300	245.0	81.7	7.0	574.9	
<b>TOTAL</b>		5000.0	4324.5		31.9	2714.4	85.1
<b>CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS</b>							
AMAÑO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	2 CARAS FRACTURADAS (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D) (%)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
1 1/2"	1"	2000	1569.0	78.5	7.5	587.6	
1"	3/4"	1500	1001.6	66.8	6.1	408.0	
3/4"	1/2"	1200	856.6	71.4	11.3	804.5	
1/2"	3/8"	300	198.6	66.2	7.0	466.0	
<b>TOTAL</b>		5000.0	3625.8		31.9	2266.1	71.0
<b>OBSERVACIONES:</b> ..... ..... ..... .....							



OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRES	REVISIÓN	:
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA	N° ENSAYO	: B - 5
MATERIAL	: Base granular	TESISTAS	: J.D.S. / J.E.M.
MUESTRA	: Pista	FECHA	: 20/12/2016
PROFUND.	:	DEL KM	: 159+500
CANTERA	: San Francisco	AL KM	: 160+000

PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS						
ASTM D 4791						
TAMIZ	Peso por mallas (A) (gr)	Peso chatas y alargadas (B) (gr)	Porcentaje (C)=(B)/(A)*100 (%)	Gradación Original (D) (%)	Corrección (E)=(C)*(D) (%)	(E)/(D) (%)
2" - 1 1/2"	559	42.6	7.6	3.1	23.3	
1 1/2" - 1"	1367	111.6	8.2	7.5	61.1	
1" - 3/4"	1115	101.6	9.1	6.1	55.7	
3/4" - 1/2"	2057	231.6	11.3	11.3	126.9	
1/2" - 3/8"	1286	108.4	8.4	7.0	59.3	
Peso Total (gr.)	6384	595.8		35.0	326.4	9.3

Observaciones:

.....

.....

.....

.....





# ANEXO N°04: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE



## EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS

MTC E-502 - ASTM D-2172 - AASHTO T-164  
 MTC E-503 - ASTM D-546 - AASHTO T-30

OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN	REVISIÓN	:
TRAMO	: HUACHO - HUAURA	ING° RESP.	: J.C.R.
MATERIAL	: Mezcla Asfáltica en Caliente	TÉCNICO	: R.C.A
PROCEDENC.	:	FECHA	: 27/12/2016
T. ASFALTADO	:	CERTIFICADO	: A-0037

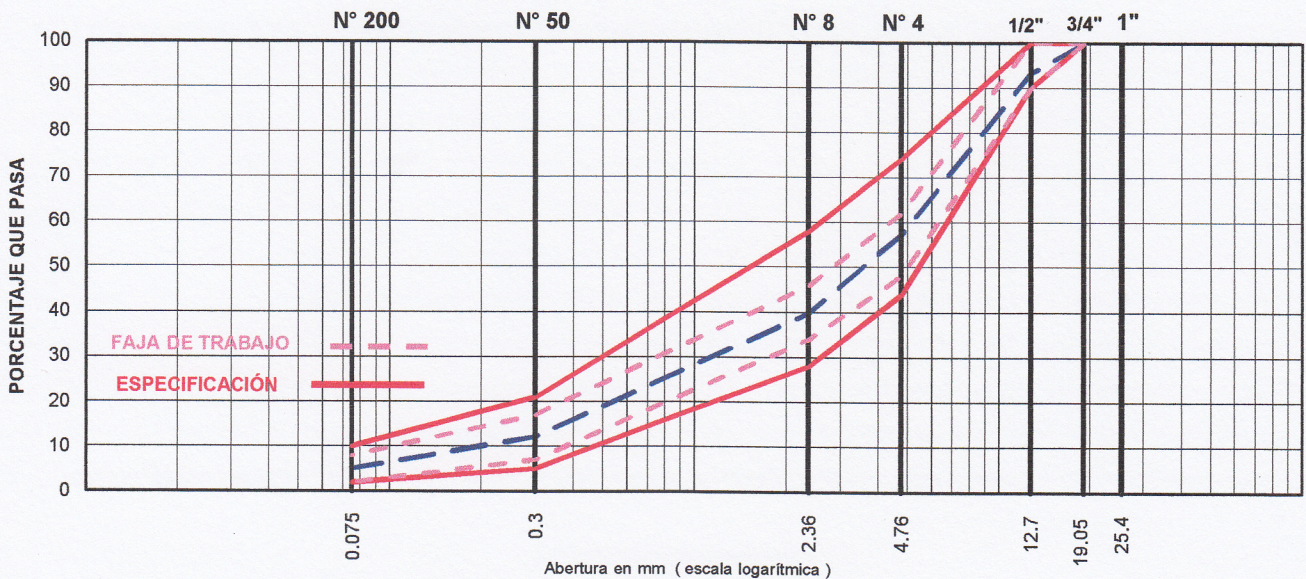
  

155+783	156+465	LADO	Derecho	CAPA	1°	LONG.	682.0
156+785	157+455	LADO	Izquierdo	CAPA	1°	LONG.	670.0

### LAVADO N° 01

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC. ASTM D3515	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
			retenido	acumulado	que pasa		TAMAÑO MÁXIMO	3/4"
1 1/2"	38.100						Hora de lavado	07:50 a.m.
1"	25.400						Peso de material sin lavar	1291.9 gr
3/4"	19.050				100.0	100	Peso de material lavado	1222.6 gr
1/2"	12.700	83.3	6.8	6.8	93.2	90 - 100		
3/8"	9.525	89.1	7.3	14.1	85.9			
N°4	4.760	349.2	28.6	42.7	57.3	44 - 74		
N° 8	2.360	214.7	17.6	60.2	39.8	28 - 58		
N° 30	0.600	251.3	20.6	80.8	19.2			
N° 50	0.300	86.9	7.1	87.9	12.1	5 - 21	Peso del asfalto	69.3 gr
N° 200	0.075	86.1	7.0	94.9	5.1	2 - 10	Contenido de asfalto	5.36 %
< 200	-	62.0	5.1	100.0			Relación Polvo - Asfalto	0.95

### REPRESENTACION GRAFICA



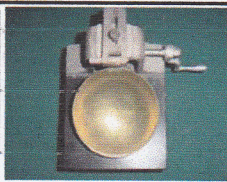
OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ing. José Luis Cañari Ravichagua  
 Especialista en Suelos y Pavimentos  
 C.I.P. 64405



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
CONSTRUCTORA Y CONSULTORA JONELTA S.A.C.  
CONSULTORIA N° C-64792  
R.U.C. 20600141865



**ENSAYO MARSHALL**

MTC E-504 - ASTM D-1559 - AASHTO T245

OBRA : CARRETERA RED VIAL 5 - 2DA ETAPA  
TRAMO : HUACHO - PATIVILCA  
MATERIAL : Mezcla Asfáltica en Caliente  
PROCEDENC. :  
T. ASFALTADO

REVISIÓN :  
ING° RESP. : J.C.R.  
TÉCNICO : R.C.A  
FECHA : 27/12/16  
CERTIFICADO : A-0037

155+783 156+465 LADO Derecho CAPA 1° LONG. 682.0  
156+785 157+455 LADO Izquierdo CAPA 1° LONG. 670.0

**Marshall - 01**

BRIQUETAS	N°	1	2	3	4	PROMEDIO	ESPECIF.
1 Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.36	5.36	5.36		5.36	
2 Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	40.37	40.37	40.37			
3 Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	53.31	53.31	53.31			
4 Filler en peso de la mezcla	%	0.95	0.95	0.95			
5 Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cc	1.020	1.020	1.020			
6 Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cc	2.666	2.666	2.666			
7 Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cc	2.678	2.678	2.678			
8 Peso específico del filler - aparente	gr/cc	2.380	2.380	2.380			
9 Peso de la briqueta al aire	gr	1223.6	1223.2	1228.7			
10 Peso de la briqueta	gr	1224.6	1224.0	1229.6			
11 Peso de la briqueta	gr	710.5	710.2	713.0			
12 Volumen de briqueta (10-11)	c.c.	514.1	513.8	516.6			
13 Peso de la parafina (10-9)	gr	0.0	0.0	0.0			
14 Volumen de la parafina (13/Pe.parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0			
15 Volumen de la briqueta por desplazamiento (12-14)	c.c.	514.1	513.8	516.6			
16 Peso específico Bulk de la briqueta (9/15)	gr/cc	2.380	2.381	2.378		2.380	
17 Peso específico máximo ASTM D-2041	gr/cc	2.472	2.472	2.472			
18 Vacíos (17-16)*100/17	%	3.72	3.69	3.78		3.7	3 - 5
19 Peso específico Bulk del agregado total (2+3+4)/((2/6)+(3/7)+(4/8))	gr/cc	2.670	2.670	2.670			
20 V.M.A. 100-(2+3+4)*(16/19)	%	15.63	15.60	15.68		15.6	Min. 14
21 Vacíos llenos con cemento asfáltico 100*(20-18)/20	%	76.2	76.3	75.9		76.1	
22 Peso específico efectivo del agregado total (100-1)/((100/17)-(1/5))	gr/cc	2.689	2.689	2.689			
23 Cemento asfáltico absorbido por el agregado total (100*5*(22-19))/(22*19)	%	0.276	0.276	0.276			
24 Cemento asfáltico efectivo 1-(23*(2+3+4)/100)	%	5.10	5.10	5.10			
25 Flujo	mm	3.25	3.25	3.25		3.25	2 - 4
26 Estabilidad sin corregir	kg	1269	1278	1248			
27 Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00			
28 Estabilidad corregida	kg	1269	1278	1248		1265	Min. 815
29 Estabilidad - Flujo	kg/cm	3905	3932	3840		3892	1700 - 4000

OBSERVACIONES:



Ing. José Luis Cañari Ravichagua  
Especialista en Suelos y Pavimentos  
C.I.P. 64405

Av. Coronel Portillo # 216 - Huaura Telf. 656-8935 Cel. 996-954758182

lipuntillo@hotmail.com



### EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS

MTC E-502 - ASTM D-2172 - AASHTO T-164  
 MTC E-503 - ASTM D-546 - AASHTO T-30

OBRA	: CARRETERA RED VIAL 5 - 2DA ETAPA	REVISIÓN	:
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA	ING° RESP.	: J.C.R.
MATERIAL	: Mezcla Asfáltica en Caliente	TÉCNICO	: R.C.A
PROCEDENC.	:	FECHA	: 27/12/2016
T. ASFALTADO	:	CERTIFICADO	: A-0037

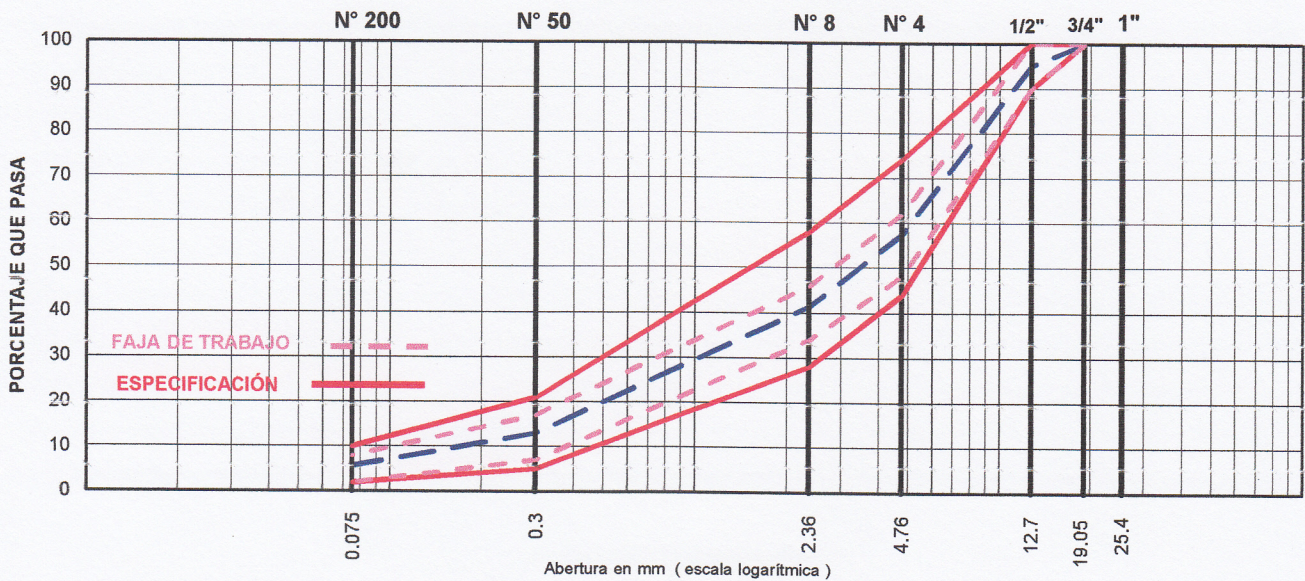
  

155+783	156+465	LADO	Derecho	CAPA	1°	LONG.	682.0
156+785	157+455	LADO	Izquierdo	CAPA	1°	LONG.	670.0

#### LAVADO N° 02

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC. ASTM D3515	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
			retenido	acumulado	que pasa		TAMAÑO MÁXIMO	3/4"
1 1/2"	38.100						Hora de lavado	11:43 a.m.
1"	25.400						Peso de material sin lavar	1409.9 gr
3/4"	19.050				100.0	100	Peso de material lavado	1335.3 gr
1/2"	12.700	66.2	5.0	5.0	95.0	90 - 100		
3/8"	9.525	197.0	14.8	19.7	80.3			
N°4	4.760	305.2	22.9	42.6	57.4	44 - 74		
N° 8	2.360	214.0	16.0	58.6	41.4	28 - 58		
N° 30	0.600	290.1	21.7	80.3	19.7			
N° 50	0.300	89.3	6.7	87.0	13.0	5 - 21	Peso del asfalto	74.6 gr
N° 200	0.075	97.3	7.3	94.3	5.7	2 - 10	Contenido de asfalto	5.29 %
< 200	-	76.2	5.7	100.0			Relación Polvo - Asfalto	1.08

#### REPRESENTACION GRAFICA



OBSERVACIONES:

---



---

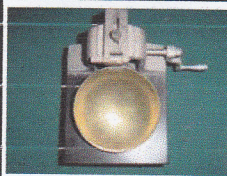


---



---





**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**  
**CONSTRUCTORA Y CONSULTORA JONELTA S.A.C.**  
 CONSULTORIA N° C-64792  
 R.U.C. 20600141865



**ENSAYO MARSHALL**

MTC E-504 - ASTM D-1559 - AASHTO T245

OBRA : CARRETERA RED VIAL 5 - 2DA ETAPA  
 TRAMO : HUACHO - PATIVILCA  
 MATERIAL : Mezcla Asfáltica en Caliente  
 PROCEDENC. :  
 T. ASFALTADO

REVISIÓN :  
 ING° RESP. : J.C.R.  
 TÉCNICO : R.C.A  
 FECHA : 27/12/16  
 CERTIFICADO : A-0037

155+783	156+465	LADO Derecho	CAPA 1°	LONG.	682.0
156+785	157+455	LADO Izquierdo	CAPA 1	LONG.	670.0

**Marshall - 02**

BRIQUETAS	Nº	1	2	3	4	PROMEDIO	ESPECIF.
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.29	5.29	5.29	5.29	
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	40.41	40.41	40.41		
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	53.36	53.36	53.36		
4	Filler en peso de la mezcla	%	0.95	0.95	0.95		
5	Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cc	1.020	1.020	1.020		
6	Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cc	2.666	2.666	2.666		
7	Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cc	2.678	2.678	2.678		
8	Peso específico del filler - aparente	gr/cc	2.380	2.380	2.380		
9	Peso de la briqueta al aire	gr	1222.6	1216.9	1219.5		
10	Peso de la briqueta	gr	1223.6	1217.8	1220.4		
11	Peso de la briqueta	gr	710.0	705.5	707.6		
12	Volumen de briqueta (10-11)	c.c.	513.6	512.3	512.8		
13	Peso de la parafina (10-9)	gr	0.0	0.0	0.0		
14	Volumen de la parafina (13/Pe.parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (12-14)	c.c.	513.6	512.3	512.8		
16	Peso específico Bulk de la briqueta (9/15)	gr/cc	2.380	2.375	2.378	2.378	
17	Peso específico máximo ASTM D-2041	gr/cc	2.472	2.472	2.472		
18	Vacios (17-16)*100/17	%	3.70	3.91	3.80	3.8	3 - 5
19	Peso específico Bulk del agregado total (2+3+4)/((2/6)+(3/7)+(4/8))	gr/cc	2.670	2.670	2.670		
20	V.M.A. 100-(2+3+4)*(16/19)	%	15.55	15.73	15.63	15.6	Min. 14
21	Vacios llenos con cemento asfáltico 100*(20-18)/20	%	76.2	75.1	75.7	75.7	
22	Peso específico efectivo del agregado total (100-1)/((100/17)-(1/5))	gr/cc	2.686	2.686	2.686		
23	Cemento asfáltico absorbido por el agregado total (100*5*(22-19))/(22*19)	%	0.228	0.228	0.228		
24	Cemento asfáltico efectivo 1-(23*(2+3+4)/100)	%	5.07	5.07	5.07		
25	Flujo	mm	3.25	3.50	3.25	3.33	2 - 4
26	Estabilidad sin corregir	kg	1265	1287	1235		
27	Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00		
28	Estabilidad corregida	kg	1265	1287	1235	1262	Min. 815
29	Estabilidad - Flujo	kg/cm	3892	3677	3800	3790	1700 - 4000

OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

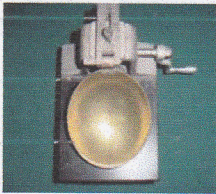
\_\_\_\_\_

Av. Coronel Portillo # 216 - Huaura Telf. 656-8935 Cel. 996-9547581

lipuntillo@hotmail.com



Ing. Jose Luis Cañari Ravichagua  
 Especialista en Suelos y Pavimentos  
 C.I.P. 64405



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 CONSTRUCTORA Y CONSULTORA JONELTA S.A.C.  
 CONSULTORIA N° C-64792  
 R.U.C. 20600141865



### DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA RICE

MTC E-508, ASTM D-2041, AASHTO T-209

OBRA	:	CARRETERA RED VIAL 5 - 2DA ETAPA	REVISIÓN	:	
TRAMO	:	HUACHO - PATIVILCA	ING° RESP.	:	J.C.R.
MATERIAL	:	Mezcla Asfáltica en Caliente	TÉCNICO	:	R.C.A
PROCEDENCIA	:		FECHA	:	27/12/16
TRAMOS ASFALTADOS	:		CERTIFICADO	:	A-0037
		155+783 156+465 LADO Derecho	CAPA	1°	LONG. 682
		156+785 157+455 LADO Izquierdo	CAPA	1	LONG. 670

### MEZCLA ASFÁLTICA

ENSAYO	N°	1	2	3	4	5
Cemento Asfáltico	%	5.36				
Peso del material	gr	1500.0				
Peso del agua + frasco Rice	gr	7067.2				
Peso del material + frasco + agua (en aire)	gr	8567.2				
Peso del material + frasco + agua (en agua)	gr	7960.5				
Volumen del material	cc	606.7				
Peso Especifico Máximo	gr/cc	2.472				
Temperatura de ensayo	°C	25				
Grava Triturada 3/4"-3/16" - Río Pativilca	%	46.0				
Arena Triturada 3/16" Río Pativilca	%	33.0				
Arena Natural - Cantera Río Séco	%	20.0				
Filler Cal Hidratada	%	1.0				
Aditivo mejorador de adherencia	%	0.5				
Tiempo de ensayo	Min.	15'				

Observaciones:

---



---



---



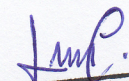
---



---

Av. Coronel Portillo # 216 – Huaura Telf. 656-8935 Cel. 996-9547

lipuntillo@hotmail.com

  
 Ing. Jose Luis Cañari Ravichagua  
 Especialista en Suelos y Pavimentos  
 C.I.P. 64495



### EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS

MTC E-502 - ASTM D-2172 - AASHTO T-164  
 MTC E-503 - ASTM D-546 - AASHTO T-30

OBRA	: EVALUACIÓN DE LA RED VIAL Y OBRAS DE ARTE QUE CORRESPONDEN A LA CARRETE	REVISIÓN	:
TRAMO	: HUACHO - HUAURA	ING° RESP.	: J.C.R.
MATERIAL	: Mezcla Asfáltica en Caliente	TÉCNICO	: R.C.A
PROCEDENC.	:	FECHA	: 28/12/2016
T. ASFALTADO	:	CERTIFICADO	: A-0038

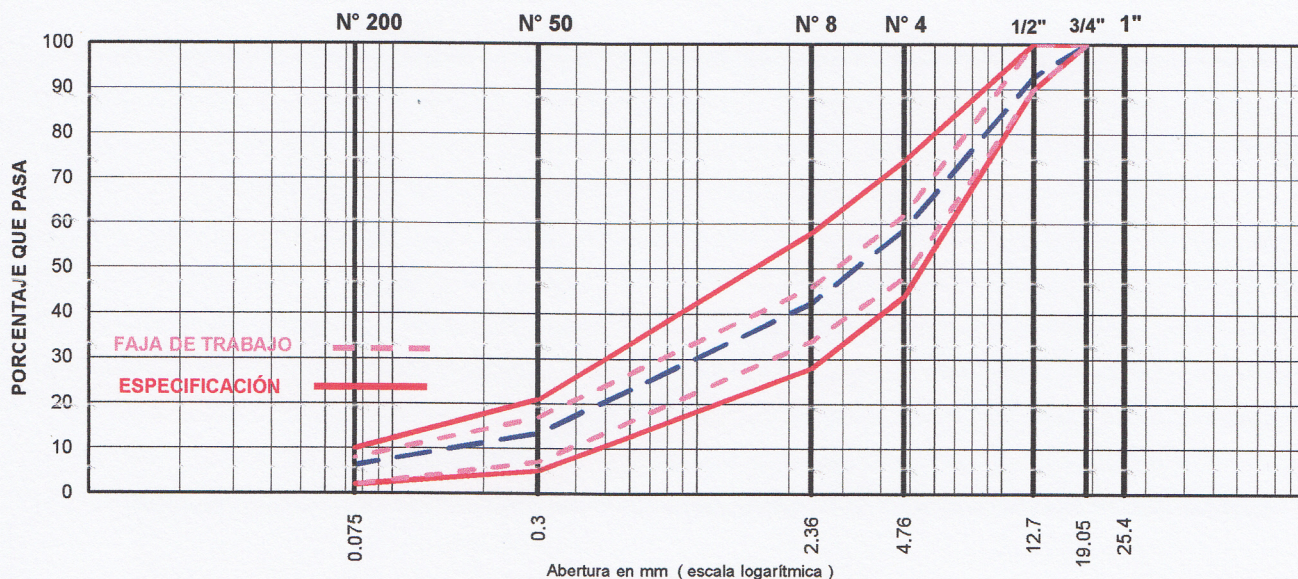
  

157+787	158+450	LADO	Derecho	CAPA	2°	LONG.	663.0
158+790	159+900	LADO	Izquierdo	CAPA	2°	LONG.	1110.0

#### LAVADO N° 01

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC. ASTM D3515	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
			retenido	acumulado	que pasa		TAMAÑO MÁXIMO	3/4"
1 1/2"	38.100						Hora de lavado	07:35 a.m.
1"	25.400						Peso de material sin lavar	1182.9 gr
3/4"	19.050				100.0	100	Peso de material lavado	1120.2 gr
1/2"	12.700	81.7	7.3	7.3	92.7	90 - 100		
3/8"	9.525	152.5	13.6	20.9	79.1			
N°4	4.760	227.8	20.3	41.2	58.8	44 - 74		
N° 8	2.360	183.4	16.4	57.6	42.4	28 - 58		
N° 30	0.600	247.8	22.1	79.7	20.3			
N° 50	0.300	75.6	6.7	86.5	13.5	5 - 21	Peso del asfalto	62.7 gr
N° 200	0.075	80.8	7.2	93.7	6.3	2 - 10	Contenido de asfalto	5.30 %
< 200	-	70.6	6.3	100.0			Relación Polvo - Asfalto	1.19

#### REPRESENTACION GRAFICA



OBSERVACIONES:

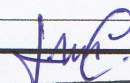
---



---

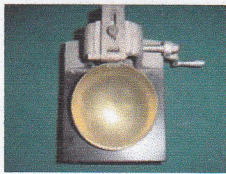


---

  
**Ing. Jose Luis Cañari Ravichagua**  
 Especialista en Suelos y Pavimentos  
 C.I.P. 64405

Av. Coronel Portillo # 216 - Huaura Telf. 656-8935 Cel. 996-954758182

lipuntillo@hotmail.com



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**  
**CONSTRUCTORA Y CONSULTORA JONELTA S.A.C.**  
 CONSULTORIA N° C-64792  
 R.U.C. 20600141865



**ENSAYO MARSHALL**

MTC E-504 - ASTM D-1559 - AASHTO T245

OBRA : CARRETERA RED VIAL 5 - 2DA ETAPA  
 TRAMO : HUACHO - PATIVILCA  
 MATERIAL : Mezcla Asfáltica en Caliente  
 PROCEDENC. :  
 T. ASFALTADO

REVISIÓN : 00  
 ING° RESP. : J.C.R.  
 TÉCNICO : R.C.A  
 FECHA : 28/12/16  
 CERTIFICADO : A-0038

157+787 158+450 LADO Derecho CAPA 2° LONG. 663.0  
 158+790 159+900 LADO Izquierdo CAPA 2° LONG. 1110.0

**Marshall - 01**

BRIQUETAS		N°	1	2	3	4	PROMEDIO	ESPECIF.
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.30	5.30	5.30		5.30	
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	39.06	39.06	39.06			
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	54.70	54.70	54.70			
4	Filler en peso de la mezcla	%	0.95	0.95	0.95			
5	Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cc	1.020	1.020	1.020			
6	Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cc	2.666	2.666	2.666			
7	Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cc	2.678	2.678	2.678			
8	Peso específico del filler - aparente	gr/cc	2.380	2.380	2.380			
9	Peso de la briqueta al aire	gr	1222.9	1223.2	1223.0			
10	Peso de la briqueta	gr	1223.7	1224.7	1223.8			
11	Peso de la briqueta	gr	709.5	710.2	708.1			
12	Volumen de briqueta (10-11)	c.c.	514.2	514.5	515.7			
13	Peso de la parafina (10-9)	gr	0.0	0.0	0.0			
14	Volumen de la parafina (13/Pe.parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0			
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (12-14)	c.c.	514.2	514.5	515.7			
16	Peso específico Bulk de la briqueta (9/15)	gr/cc	2.378	2.377	2.372		2.376	
17	Peso específico máximo ASTM D-2041	gr/cc	2.472	2.472	2.472			
18	Vacios (17-16)*100/17	%	3.79	3.82	4.06		3.9	3 - 5
19	Peso específico Bulk del agregado total (2+3+4)/((2/6)+(3/7)+(4/8))	gr/cc	2.670	2.670	2.670			
20	V.M.A. 100-(2+3+4)*(16/19)	%	15.64	15.67	15.88		15.7	Min. 14
21	Vacios llenos con cemento asfáltico 100*(20-18)/20	%	75.8	75.6	74.4		75.2	
22	Peso específico efectivo del agregado total (100-1)/((100/17)-(1/5))	gr/cc	2.686	2.686	2.686			
23	Cemento asfáltico absorbido por el agregado total (100*5*(22-19))/(22*19)	%	0.232	0.232	0.232			
24	Cemento asfáltico efectivo 1-(23*(2+3+4)/100)	%	5.08	5.08	5.08			
25	Flujo	mm	3.25	3.25	3.25		3.25	2 - 4
26	Estabilidad sin corregir	kg	1269	1278	1248			
27	Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00			
28	Estabilidad corregida	kg	1269	1278	1248		1265	Min. 815
29	Estabilidad - Flujo	kg/cm	3905	3932	3840		3892	1700 - 4000

OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

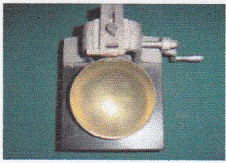
\_\_\_\_\_

*J.M.C.*  
**Ing. Jose Luis Cañari Ravichagua**  
 Especialista en Suelos y Pavimentos  
 C.I.P. 64405

Av. Coronel Portillo # 216 - Huaura Telf. 656-8935 Cel. 996-954758182

lipuntillo@hotmail.com





## EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS

MTC E-502 - ASTM D-2172 - AASHTO T-164  
 MTC E-503 - ASTM D-546 - AASHTO T-30

OBRA	: CARRETERA RED VIAL 5 - 2DA ETAPA	REVISIÓN	: 00
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA	ING° RESP.	: J.C.R.
MATERIAL	: Mezcla Asfáltica en Caliente	TÉCNICO	: R.C.A
PROCEDENC.	:	FECHA	: 28/12/2016
T. ASFALTADO	:	CERTIFICADO	: A-0038

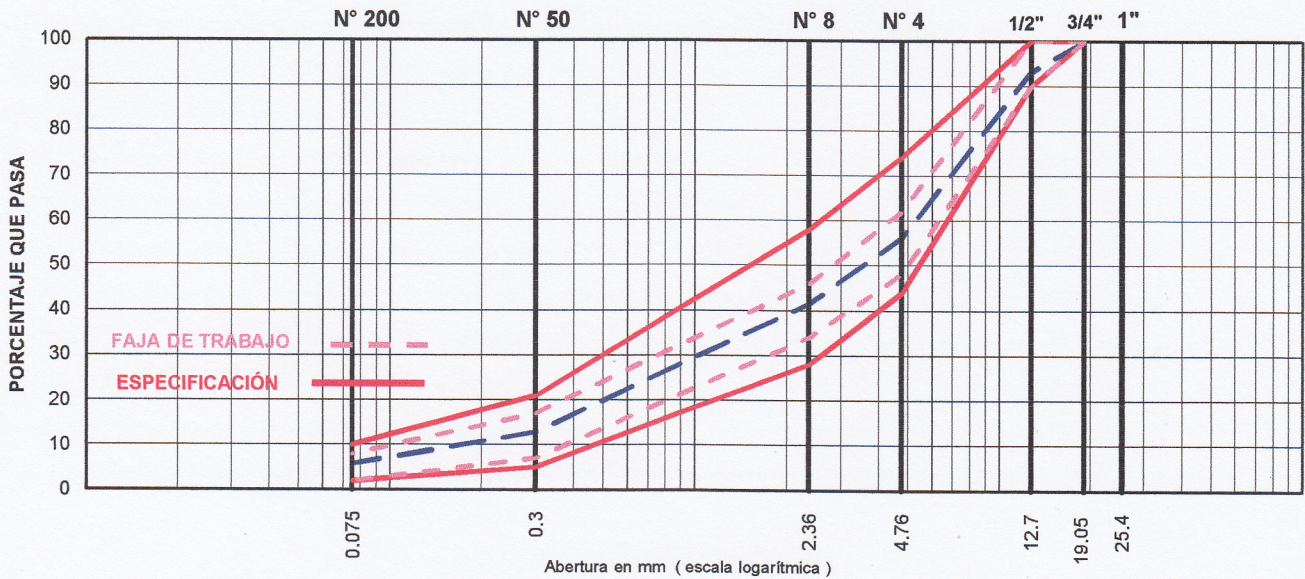
  

157+787	158+450	LADO	Derecho	CAPA	2°	LONG.	663.0
158+790	159+900	LADO	Izquierdo	CAPA	2°	LONG.	1110.0

### LAVADO N° 02

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC. ASTM D3515	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
			retenido	acumulado	que pasa		TAMAÑO MÁXIMO	3/4"
1 1/2"	38.100						Hora de lavado	10:26 a.m.
1"	25.400						Peso de material sin lavar	1256.3 gr
3/4"	19.050				100.0	100	Peso de material lavado	1189.6 gr
1/2"	12.700	82.3	6.9	6.9	93.1	90 - 100		
3/8"	9.525	181.6	15.3	22.2	77.8			
N°4	4.760	256.6	21.6	43.8	56.2	44 - 74		
N° 8	2.360	175.6	14.8	58.5	41.5	28 - 58		
N° 30	0.600	261.8	22.0	80.5	19.5			
N° 50	0.300	78.5	6.6	87.1	12.9	5 - 21	Peso del asfalto	66.7 gr
N° 200	0.075	84.4	7.1	94.2	5.8	2 - 10	Contenido de asfalto	5.31 %
< 200	-	68.8	5.8	100.0			Relación Polvo - Asfalto	1.09

### REPRESENTACION GRAFICA



OBSERVACIONES:

---

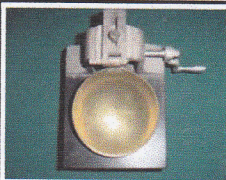


---



---

**Ing. Jose Luis Cañari Ravichagua**  
 Especialista en Suelos y Pavimentos  
 C.I.P. 64405



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
CONSTRUCTORA Y CONSULTORA JONELTA S.A.C.  
CONSULTORIA N° C-64792  
R.U.C. 20600141865



**ENSAYO MARSHALL**

MTC E-504 - ASTM D-1559 - AASHTO T245

OBRA : CARRETERA RED VIAL 5 - 2DA ETAPA  
TRAMO : HUACHO - PATIVILCA  
MATERIAL : Mezcla Asfáltica en Caliente  
PROCEDENC. :  
T. ASFALTADO

REVISIÓN : 00  
ING° RESP. : J.C.R.  
TÉCNICO : R.C.A  
FECHA : 28/12/16  
CERTIFICADO : A-0038

157+787 158+450 LADO Derecho CAPA 2° LONG. 663.0  
158+790 159+900 LADO Izquierdo CAPA 2 LONG. 1110.0

**Marshall - 02**

BRIQUETAS		Nº	1	2	3	4	PROMEDIO	ESPECIF.
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.31	5.31	5.31		5.31	
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	39.05	39.05	39.05			
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	54.69	54.69	54.69			
4	Filler en peso de la mezcla	%	0.95	0.95	0.95			
5	Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cc	1.020	1.020	1.020			
6	Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cc	2.666	2.666	2.666			
7	Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cc	2.678	2.678	2.678			
8	Peso específico del filler - aparente	gr/cc	2.380	2.380	2.380			
9	Peso de la briqueta al aire	gr	1226.6	1221.6	1220.4			
10	Peso de la briqueta	gr	1227.5	1222.4	1221.6			
11	Peso de la briqueta	gr	712.6	709.0	708.7			
12	Volumen de briqueta (10-11)	c.c.	514.9	513.4	512.9			
13	Peso de la parafina (10-9)	gr	0.0	0.0	0.0			
14	Volumen de la parafina (13/Pe.parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0			
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (12-14)	c.c.	514.9	513.4	512.9			
16	Peso específico Bulk de la briqueta (9/15)	gr/cc	2.382	2.379	2.379		2.380	
17	Peso específico máximo ASTM D-2041	gr/cc	2.472	2.472	2.472			
18	Vacios (17-16)*100/17	%	3.63	3.74	3.75		3.7	3 - 5
19	Peso específico Bulk del agregado total (2+3+4)/((2/6)+(3/7)+(4/8))	gr/cc	2.670	2.670	2.670			
20	V.M.A. 100-(2+3+4)*(16/19)	%	15.51	15.60	15.61		15.6	Min. 14
21	Vacios llenos con cemento asfáltico 100*(20-18)/20	%	76.6	76.0	76.0		76.2	
22	Peso específico efectivo del agregado total (100-1)/((100/17)-(1/5))	gr/cc	2.686	2.686	2.686			
23	Cemento asfáltico absorbido por el agregado total (100*5*(22-19))/(22*19)	%	0.238	0.238	0.238			
24	Cemento asfáltico efectivo 1-(23*(2+3+4)/100)	%	5.08	5.08	5.08			
25	Flujo	mm	3.50	3.25	3.50		3.42	2 - 4
26	Estabilidad sin corregir	kg	1315	1267	1351			
27	Factor de estabilidad		1.00	1.00	1.00			
28	Estabilidad corregida	kg	1315	1267	1351		1311	Min. 815
29	Estabilidad - Flujo	kg/cm	3757	3898	3860		3839	1700 - 4000

OBSERVACIONES:



Ing. José Luis Canani Ravichagua  
Especialista en Suelos y Pavimentos  
C.I.P. 64405

Av. Coronel Portillo # 216 - Huaura Telf. 656-8935 Cel. 996-954758182

lipuntillo@hotmail.com



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 CONSTRUCTORA Y CONSULTORA JONELTA S.A.C.  
 CONSULTORIA N° C-64792  
 R.U.C. 20600141865



### DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA RICE

MTC E-508, ASTM D-2041, AASHTO T-209

OBRA	: CARRETERA RED VIAL 5 - 2DA ETAPA	REVISIÓN	: 00
TRAMO	: HUACHO - PATIVILCA	ING° RESP.	: J.C.R.
MATERIAL	: Mezcla Asfáltica en Caliente	TÉCNICO	: R.C.A
PROCEDENCIA	:	FECHA	: 28/12/16
TRAMOS ASFALTADOS		CERTIFICADO	: A-0038
	157+787 158+450 LADO Derecho CAPA 2° LONG. 663		
	158+790 159+900 LADO Izquierdo CAPA 2 LONG. 1110		

### MEZCLA ASFÁLTICA

ENSAYO	N°	1	2	3	4	5
Cemento Asfáltico	%	5.30				
Peso del material	gr	1500.0				
Peso del agua + frasco Rice	gr	7063.2				
Peso del material + frasco + agua (en aire)	gr	8563.2				
Peso del material + frasco + agua (en agua)	gr	7956.3				
Volumen del material	cc	606.9				
Peso Especifico Máximo	gr/cc	2.472				
Temperatura de ensayo	°C	25				
Grava Triturada 3/4"-3/16" - Río Pativilca	%	46.0				
Arena Triturada 3/16" Río Pativilca	%	33.0				
Arena Natural - Cantera Rio Séco	%	20.0				
Filler Cal Hidratada	%	1.0				
Aditivo mejorador de adherencia	%	0.5				
Tiempo de ensayo	Min.	15'				

Observaciones:

---



---



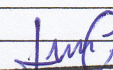
---



---



---

  
 Ing. Jose Luis Cañari Ravichagua  
 Especialista en Suelos y Pavimentos  
 C.I.P. 64405

Av. Coronel Portillo # 216 – Huaura Telf. 656-8935 Cel. 996-954758182

lipuntillo@hotmail.com



# ANEXO N°05: PANEL FOTOGRÁFICO



*FOTO N° 01: Granulometría del material de base y subbase granular proveniente de la Cantera San Francisco.*



*FOTO N° 02: Ensayo de proctor modificado.*



*FOTO N° 03: Muestras representativas luego de realizar el cuarteo.*



*FOTO N°04: Colocación de muestra en horno eléctrico.*



*FOTO N° 05: Ensayo de Límite Líquido*



*FOTO N°06: Determinación de la resistencia a la penetración mediante el uso de la prensa C.B.R.*



**FOTO N°07:** Planta de Asfalto – Cantera San Francisco.



**FOTO N°08:** Vista general de la carretera Panamericana Norte.



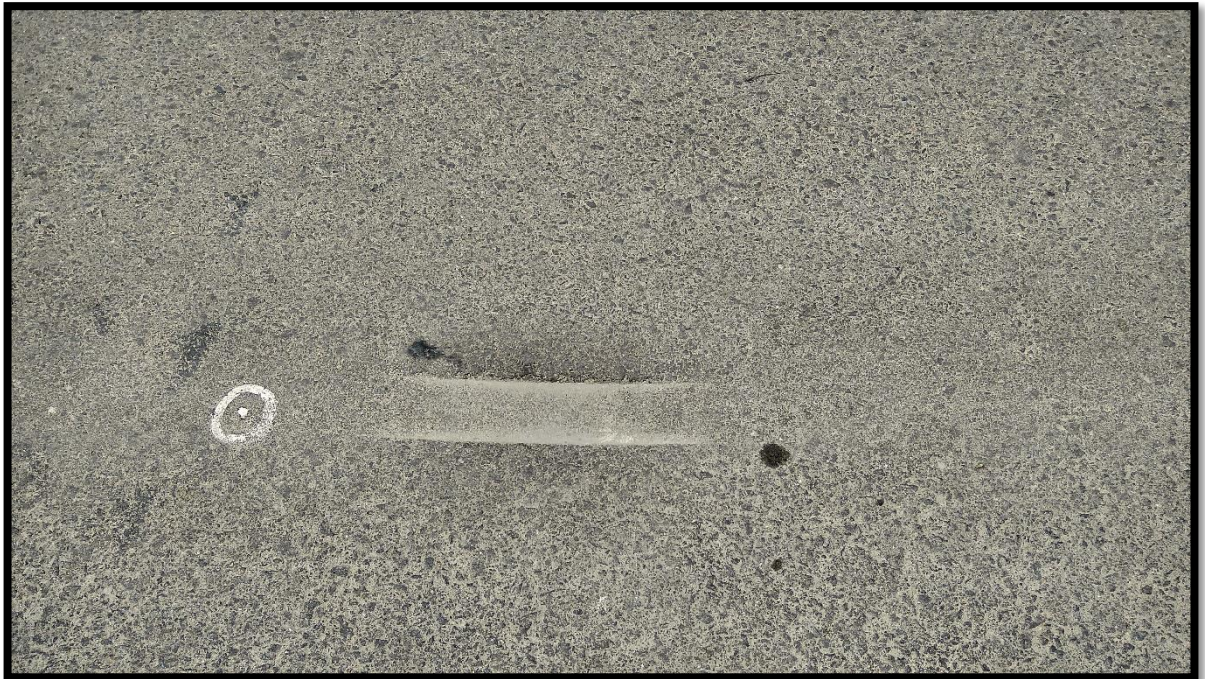


**FOTO N°09:** Evaluación visual del drenaje transversal.



**FOTO N°10:** Evaluación visual del pavimento.

## EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO



*FOTO N°11: Se observa falla de ahuellamiento de alta severidad, ubicado en medio del carril.*



*FOTO N°12: Se observa falla de ahuellamiento de alta severidad.*



**FOTO N°13:** Se observa falla de fisura transversal y ahuellamiento.



# ANEXO N°06: EXCEL DE DISEÑO PAVIMENTO FLEXIBLE



VERIFICACION AASHTO 93 DISEÑO MODIFICADO (valores ai)						
				R	zr	
CBR suelo	30.20	R	95.0%	90	1.285	
Zr	1.645	Zr*So	0.690839	85	1.035	
So	0.42	SN+1	6.732974	80	0.841	
Pi	4.20	ΔPSI	-0.360973	Mr	75	0.674
Pf	2.50	log(Mr) ...	2.0	144.01	70	0.525
EE (diseño)	42,800,000	W18	42,800,000		65	0.385
			42,800,000		60	0.253
SN(Sugerido)	11.44				55	0.125
					50	0.000
<b>SN</b>	<b>11.44 NO</b>	<b>CAPAS</b>	<b>ESPESOR (cm)</b>	<b>ai</b>	<b>mi</b>	<b>SN</b>
		ASF.1	10.0	0.43		4.30
		ASF.2	0.0	0.41		0.00
		ASF.3	0.0	0.33		0.00
Variabilidad combinada		GRA.4	25.0	0.14	1.10	3.85
Hormigón	0.35	GRA.5	25.0	0.12	1.10	3.30
Asfalto	0.45		60		TOTAL	11.45
						OK
Análisis por capa: asfalto						
CBR base	80.00	R	95%			
Zr	1.645	Zr*So	0.690839			
So	0.42	SN+1	4.978017		5.81	
Pi	4.20	ΔPSI	-0.107333	Mr		
Pf	2.50	log(Mr) ...	2.5	246.09		
EE (diseño)	42,800,000	W18	4,677,139			
SN(Sugerido)	9.46		42,800,000		0.74	
			31,736,960			
<b>SN</b>	<b>6.54 NO</b>	<b>CAPAS</b>	<b>ESPESOR (cm)</b>	<b>ai</b>	<b>mi</b>	<b>SN</b>
	6.21 OK	ASF.1	20.0	0.43		8.60
		ASF.2	0.0	0.41		0.00
		ASF.3	0.0	0.33		0.00
					TOTAL	8.60
Análisis por capa: base						
CBR base	40.00	R	95%			
Zr	1.645	Zr*So	0.690839			
So	0.42	SN+1	5.384310		5.68	
Pi	4.20	ΔPSI	-0.157436	Mr		
Pf	2.50	log(Mr) ...	2.1	168.08		
EE (diseño)	42,800,000	W18	4,385,883			
SN(Sugerido)	10.95		42,800,000		0.20	
			8,661,312			
<b>SN</b>	<b>7.49 NO</b>	<b>CAPAS</b>	<b>ESPESOR</b>	<b>ai</b>	<b>mi</b>	<b>SN</b>
	7.12 OK	ASF.1	15.0	0.42		6.30
		ASF.2	0.0	0.41		0.00
		ASF.3	0.0	0.33		0.00
		Base	15.0	0.13		1.95
					TOTAL	8.25