

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL
Y DEL AMBIENTE
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**“COMPARACIÓN ENTRE TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA
Y ASFALTO EN CALIENTE, EN LA REHABILITACIÓN DE LA
CARRETERA CHACACHACA-YUNGUYO-KASANI”**
TOMO I

TESIS PRESENTADA POR:
AGUILAR MESTAS, NANCY
SALAS CHÁVEZ, GINA CHRISTAL

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

AREQUIPA – PERÚ
2012

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Por su infinita gracia y fidelidad en mi vida, por darme mucho más de lo que he necesitado para alcanzar mis metas. Por ser mí fuerza y mí ayuda a cada instante. Por permanecer a mi lado siempre, tú eres Dios y bajo tu protección estoy segura siempre.

A mi madre Elizabeth:

Por ser mi principal inspiración y paradigma en la vida, por enseñarme a ver la vida con alegría y los desafíos como preciosos regalos, gracias por tu amor, por tus incansables horas de oración, por tu incondicional paciencia y tus consejos que llevaré para siempre en mi corazón.

A mi Padre Julio:

Por tu amor, por la fuerza y valentía que me inculcaste siempre, por enseñarme que el temor no es una buena opción. Por estar presente en los momentos más cruciales de mi vida, eres realmente irremplazable.

A mi Tío Percy:

Por ser ejemplo de lucha constante, por tu apoyo incondicional a lo largo del desarrollo de mi vida profesional, por enseñarme que los sueños son más que eso, son un punto de partida para algo grande.

A mis Abuelos Pablo y Gabina:

Por tanto amor y ternura, por su comprensión y su apoyo cada día. Por ser pieza clave de mi vida, por compartir de su sabiduría y experiencia; por enseñarme que cada instante es valioso.

A Gina:

Por ser mi compañera en esta preciosa aventura, por las incontables horas de trabajo y risas compartidas juntas; Dios fue bueno al ponerte en mi camino, gracias por enseñarme que los más grandes desafíos se logran con alegría.

A mis amigos y compañeros:

Por ser esas perlas preciosas en el tesoro que Dios me ha regalado, por todos los momentos de alegría que han provocado en mi vida y por ser como hermanos en tiempo de angustia.

A mis maestros:

Por compartir con cariño sus conocimientos, por su tiempo y vida invertida en nuestra formación como profesionales.

Nancy Aguilar Mestas



A Dios:

Por brindarme la oportunidad y la dicha de la vida, darme fuerzas para siempre salir a delante, por acompañarme cada día de la vida dándome apoyo incondicional y amor.

A mi padre Augusto:

Que aunque no estés presente físicamente sé que siempre estas a mi lado dándome tu cariño y protección.

Por darme el ejemplo de sabiduría y perseverancia, que con tu amor sigues haciéndome mejor persona.

En este día, te tengo muy presente, te extraño mucho y te quiero con todo mi corazón.

A mi madre Gina:

Por enseñarme a ver que no existe problema, que no se pueda resolver con amor y comprensión; a levantarse con fuerza después de una caída, gracias por darme siempre tu apoyo y amor.

Te admiro, eres el mejor ejemplo como hija, madre, esposa, y profesional y estoy muy orgullosa de ser tu hija.

A mis hermanos Augusto y Christian:

Sé que siempre estarán en mi vida y siempre contare con su amor, apoyo y comprensión. Por ser los cómplices en la aventura de mi vida, y llenarme de alegría.

A Nancy:

Después de cinco años en la universidad, decidimos emprender esta aventura juntas, que aunque algunas veces tuvo dificultades tu supiste apoyarme y tener paciencia.

A mis amigos y compañeros:

A todos aquellos que me ayudaron en mi formación, pase lindos momentos, gracias por ayudarme a llegar.

A mis maestros:

Por compartir con cariño sus conocimientos, por su tiempo y vida invertida en nuestra formación como profesionales.

Gina Salas

INDICE GENERAL

CONTENIDO

INDICE DE TABLAS	12
INDICE DE FIGURAS.....	16
INDICE DE GRAFICOS	17
INDICE DE FOTOS.....	18
ABREVIATURAS.....	19
RESUMEN.....	21
CAPÍTULO I	25
1. INTRODUCCIÓN.....	25
1.1 PRESENTACIÓN DEL TEMA	25
1.2 IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMA.....	26
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	26
1.4 METODOLOGÍA	28
1.5 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO:.....	28
CAPÍTULO II	30
2. MARCO TEÓRICO.....	30
2.1 PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	31
2.1.1 CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES O PAVIMENTO ASFÁLTICO:	34
2.1.2 ETAPAS DE VIDA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE.....	35
2.2 TRATAMIENTOS SUPERFICIALES.....	35
2.2.1 GENERALIDADES.....	37
2.2.2 CLASIFICACIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES	37
2.2.3 FUNCIONES DE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES	40
2.2.4 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES	41

2.2.5 TIPOS DE MATERIALES.....	42
2.2.6 ADHRENCIA LIGANTES – AGREGADOS PÉTREOS	54
2.2.7 PROCESO CONSTRUCTIVO DE UN TRATAMIENTO SUPERFICIAL 56	
2.2.8 EQUIPOS PARA EJECUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES	59
2.2.9 FALLAS Y DEFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES...	62
2.3.1 GENERALIDADES.....	64
2.3.2 CLASIFICACIÓN DE ASFALTO EN CALIENTE.....	65
2.3.3 FUNCIONES DEL ASFALTO EN CALIENTE.....	66
2.3.4 VENTAJAS DEL ASFALTO EN CALIENTE.....	66
2.3.5 TIPOS DE MATERIALES.....	67
2.3.6. CONTROL DE CALIDAD	73
2.3.7 TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE.....	74
2.3.8 CAUSAS DE UN PAVIMENTO DEFECTUOSO	76
2.3.9 PROCESO CONSTRUCTIVO PARA MEZCLAS EN CALIENTE	77
2.3.10 EQUIPOS PARA LA EJECUCIÓN DE ASFALTO EN CALIENTE.....	87
2.4 DETERIOROS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	92
2.4.1 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO.....	94
CAPÍTULO III	95
3. RECONOCIMIENTO DE LA ZONA EN ESTUDIO.....	95
3.1 CARACTERÍSTICAS LOCALES.....	96
3.1.1 GEOMORFOLOGÍA.....	96
3.1.2 POBLACION	98
3.1.3 TEMPERATURA	99
CAPÍTULO IV.....	101
4. ESTUDIO DE TRAZO Y TRÁFICO	101

4.1 ESTUDIO DE TRAZO.....	101
4.1.1 UBICACIÓN DE LA CARRETERA.....	101
4.1.2 CONDICIONES FÍSICAS DE LA CARRETERA.....	106
4.1.3 ESTADO ACTUAL DE LA CARRETERA.....	107
4.1.4 METODOLOGÍA DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA CARRETERA.....	107
4.1.5 TRAZADO EN PLANTA.....	116
4.1.6 SECCIONES TRANSVERSALES.....	116
4.1.7 UBICACIÓN DE OBRAS DE ARTE.....	119
4.1.8 TRAZO Y DISEÑO GEOMÉTRICO.....	120
4.1.9 PARÁMETROS DE DISEÑO.....	123
4.1.10 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VÍA.....	126
4.1.11 CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO.....	127
4.2 ESTUDIO DE TRÁFICO.....	128
4.2.1 GENERALIDADES.....	128
4.2.2 OBJETIVO.....	129
4.2.3 ESTUDIO VOLUMÉTRICO.....	129
4.2.4 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS EN EL CARRIL DE DISEÑO Y DURANTE EL PERÍODO DE DISEÑO (ESAL).....	135
4.2.5 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE TRÁFICO.....	143
CAPÍTULO V.....	150
5. ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO.....	150
5.1 GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	151
5.1.1 CENOZOICO.....	151
5.1.2 MESOZOICA.....	152
5.1.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....	152
5.1.4 SISMICIDAD.....	153

5.1.5 GEODINÁMICA INTERNA.....	153
5.1.6 GEODINÁMICA EXTERNA.....	155
5.1.7 EROSIÓN LAMINARA.....	155
5.1.8 HUAYCOS.....	156
5.1.9 DESLIZAMIENTOS.....	157
5.1.10 EVALUACIÓN GEOTECNIA.....	157
5.1.11 ESTABILIDAD DE TALUDES.....	158
5.2 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....	159
5.2.1 TRABAJO DE CAMPO.....	161
5.2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO.....	162
5.3 ESTUDIO DE CANTERAS.....	184
5.3.1 TRABAJOS DE CAMPO.....	185
5.3.2 UBICACIÓN DE CANTERAS.....	185
5.3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO.....	189
5.4 FUENTES DE AGUA.....	191
5.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES DE AGUA.....	192
5.4.2. PUESTO EN USO.....	192
CAPÍTULO VI.....	193
6. HIDROLOGÍA Y DRENAJE.....	193
6.1 GENERALIDADES.....	193
6.2 OBJETIVOS.....	193
6.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA.....	194
6.2.2 ASPECTOS CLIMÁTICOS.....	194
6.2.3 CAUDALES DE DISEÑO.....	203
6.2.4. DRENAJES Y OBRAS DE ARTE.....	203
6.2.5 EFECTOS DEL AGUA SOBRE EL PAVIMENTO.....	209
6.2.6 SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS DE HUMEDAD EN PAVIMENTOS..	210

6.2.7 CONSIDERACIONES DE DRENAJE EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS	211
6.2.8 LIMPIEZA DE CUENTAS Y OBRAS DE ARTE EN LA CARRETERA “CHACACHACA – YUNGUYO – KASANI”	213
CAPITULO VII.....	216
7. DISEÑO DE PAVIMENTOS Y SEÑALIZACIÓN	216
7.1 DISEÑO DE PAVIMENTOS	216
7.1.1 SUELOS EXISTENTES EN PLATAFORMA.....	216
7.1.2 DISEÑO DEL PAVIMENTO POR ETAPAS:	216
7.1.3 VARIABLES CONSIDERADAS EN EL METODO AASHTO.....	223
7.1.4 DETERMINACIÓN DE ESPESORES.....	227
7.1.5 DISEÑO DE CARPETA DE RODADURA	236
7.1.6 DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	240
7.2 SEÑALIZACIÓN	245
7.2.1 GENERALIDADES.....	245
7.2.2 TIPOS DE SEÑALES	245
CAPÍTULO VIII.....	251
8. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	251
8.1 GENERALIDADES	251
8.2 OBJETIVO DEL ESTUDIO.....	251
8.3 MARCO LEGAL.....	252
8.4 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ÁMBITO DE INFLUENCIA	253
8.4.1 ÁREA DE INFLUENCIA DEL ESTUDIO.....	253
8.4.2 AMBIENTE FÍSICO.....	253
8.4.3 AMBIENTE BIÓTICO.....	256
8.4.4 AMBIENTE SOCIO ECONÓMICO	261
8.4.5 AMBIENTE CULTURAL	265
8.5. IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES .	266

8.5.1	FACTORES AMBIENTALES DEL MEDIO	266
8.5.2	IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS	267
8.5.3	HOJAS DE CAMPO	272
8.6	PLAN DE MANEJO SOCIOAMBIENTAL	276
8.6.1	OBJETIVO	276
8.6.2	PROGRAMA DE MITIGACIÓN Y/O PREVENCIÓN	277
8.6.3	PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL	286
8.6.4	PROGRAMA DE COMPENSACIÓN SOCIAL	288
8.6.5	PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL.....	288
8.6.6	PROGRAMA DE CONTINGENCIAS	290
8.6.7	PROGRAMA DE ABANDONO DE OBRA.....	294
8.6.8	PROGRAMA DE SEÑALIZACIÓN AMBIENTAL.....	295
CAPÍTULO IX.....		299
9.	PRESUPUESTO Y PROGRAMACIÓN	299
9.1	OBJETIVO	299
9.2	BASE DE CÁLCULO	299
9.2.1	METRADOS	299
9.2.2	MANO DE OBRA.....	304
9.2.3	EQUIPO Y MAQUINARIA.....	305
9.2.4	MATERIALES	306
9.2.5	HERRAMIENTAS.....	307
9.3	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS	307
9.3.1	COSTOS DIRECTOS.....	307
9.3.2	COSTOS INDIRECTOS.....	308
9.4	PRESUPUESTO	309
9.5	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA	310
9.6	METAS.....	311

9.7 COMPARACIÓN ENTRE TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA Y ASFALTO EN CALIENTE	311
CAPÍTULO X.....	315
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	315
BIBLIOGRAFÍA.....	319
LISTADO DE ANEXOS	321



INDICE DE TABLAS

TABLA 2. 1. Clasificación de los Tratamientos Superficiales.....	38
TABLA 2. 2. Rangos de Gradación para Tratamientos Superficiales.....	44
TABLA 2. 3. Requerimientos de calidad de los agregados pétreos para la ejecución de Tratamientos Superficiales	47
TABLA 2. 4. Tratamiento de superficie y riego de sellado con emulsión asfáltica	51
TABLA 2. 5. Proceso Constructivo de Tratamiento Superficial Simple y Tratamiento Superficial Doble	57
TABLA 2. 6. Gradación de la mezcla asfáltica normal (MAC)	66
TABLA 2. 7. Requerimientos para los Agregados Gruesos	68
TABLA 2. 8. Requerimientos para los Agregados Finos	69
TABLA 2. 9. Requerimientos para Equivalente de Arena.....	69
TABLA 3. 1. Población total, por área urbana y rural, y sexo	98
TABLA 3. 2. Arribo de Turistas Nacionales y Extranjeros por años.....	99
TABLA 4. 1. Ubicación Geográfica de Yunguyo	102
TABLA 4. 2. Ubicación Geográfica de los distritos	102
TABLA 4. 3. Vías de acceso a la zona de estudio.....	105
TABLA 4. 4. Parámetros de Georeferenciación	112
TABLA 4. 5. Puntos de Inflexión (Pis).....	113
TABLA 4. 6. Ubicación de BMs.....	114
TABLA 4. 7. Ancho mínimo de la calzada según velocidad directriz.....	117
TABLA 4. 8. Ubicación de Obras de Arte.....	119
TABLA 4. 9. Curvas de la Carretera “Chacachaca – Yunguyo – Kasani”	120
TABLA 4. 10. Velocidades recomendadas por condiciones topográficas.....	123
TABLA 4. 11. Distancia de Visibilidad de Parada (metros)	124
TABLA 4. 12. Distancia de Visibilidad de Adelantamiento	124
TABLA 4. 13. Pendientes Máximas.....	125
TABLA 4. 14. Ancho de Bermas	127
TABLA 4. 15. Características Geométricas	128
TABLA 4. 16. Estaciones para efectuar conteos vehiculares.	130
TABLA 4. 17. Volumen de tráfico analizado para el tramo en estudio.	132

BLA 4. 18. Aforamiento vehicular en la zona de Estudio.....	133
TABLA 4. 19. Tasa de crecimiento Anual	135
TABLA 4. 20. Peso y medidas permitidas.....	139
TABLA 4. 21. Determinación del Factor Camión.....	142
TABLA 4. 22. Determinación del ESAL´s de Diseño.....	143
TABLA 4. 23. Resumen Aforo Vehicular	145
TABLA 4. 24. Resumen De Estudio De Tráfico.....	146
TABLA 4. 25. Tráfico actual por tipo de vehículo	149
TABLA 5. 1. Taludes de Corte	158
TABLA 5. 2. Relación de Calicatas	161
TABLA 5. 3. Tablas de ensayos por calicatas	169
TABLA 5. 4. Características de los suelos	183
TABLA 5. 5. Cantera Japu	186
TABLA 5. 6. Características del material de la Cantera.....	190
TABLA 5. 7. Ubicación de Ríos o puntos de agua.....	191
TABLA 5. 8. Análisis de Agua	192
TABLA 6. 1. Ubicación de las estaciones meteorológicas consideradas.	194
TABLA 6. 2. Temperaturas medias mensuales.....	196
TABLA 6. 3. Humedad Relativa Media Mensual (%) – Estaciones Desaguadero, Juli, llave.....	197
TABLA 6. 4. Evaporación Total Mensual (mm) – Estaciones Desaguadero, Juli e llave	198
TABLA 6. 5. Precipitación total mensual (mm) – Promedio (1960 – 2007) Estaciones Desaguadero, Juli e llave.....	200
TABLA 6. 6. Precipitaciones Máximas en 24 horas (mm), Estaciones Desaguadero, Juli e llave.....	202
TABLA 6. 7. Dimensiones Mínimas de las Cunetas	207
TABLA 6. 8. Tiempos de drenaje para capas granulares.....	211
TABLA 6. 9. Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles (mx).....	212
TABLA 6. 10. Coeficientes de drenaje para pavimentos rígidos (Cd)	212
TABLA 6. 11. Limpieza de Cunetas	213
TABLA 6. 12. Limpieza de Obras de Arte	214

TABLA 7. 1. Consideraciones para el CBR de diseño	221
TABLA 7. 2. Resumen de valores CBR por sección	222
TABLA 7. 3. Valores de “R” de confiabilidad,	224
TABLA 7. 4. Datos generales para el diseño.....	231
TABLA 7. 5. Cálculo del Número Estructural.....	232
TABLA 7. 6. Espesores Mínimos, en pulgadas, en Función de los Ejes Equivalentes	235
TABLA 7. 7. Especificaciones para tratamiento superficial bicapa (TSB).....	237
TABLA 7. 8. Tablas de Diseño para Tratamiento Superficial.....	238
TABLA 7. 9. Diseño de Tratamiento Superficial Bicapa (TSB)	239
TABLA 7. 10. Espesor para Tratamiento Superficial	240
TABLA 7. 11. Granulometría para mezcla Asfáltica en Caliente	240
TABLA 7. 12. Señales Informativas	250
TABLA 8. 1. Información Meteorológica Tahuaco.	254
TABLA 8. 2. Descripción de las especies herbáceas más representativas en el área de influencia.....	258
TABLA 8. 3. Descripción de los mamíferos más representativos en el área de influencia de la vía.	259
TABLA 8. 4. Descripción de las aves más representativas en el área de influencia...	260
TABLA 8. 5. Indicadores de pobreza en la Provincia de Yunguyo por Distritos al 2007	263
TABLA 8. 6. Resumen de impactos ambientales, del estudio.	270
TABLA 8. 7. Hoja de campo - Cantera	272
TABLA 8. 8. Hoja de campo – Depósito de Material Excedente DME	273
TABLA 8. 9. Hoja de campo – Campamento Patio de Máquinas y Planta de Asfalto	274
TABLA 8. 10. Hoja de campo – Contaminación de las Aguas Superficiales.....	275
TABLA 8. 11. Colores de seguridad en señalización ambiental	296
TABLA 8. 12. Color de contraste en señalización ambiental	296
TABLA 8. 13. Señalización ambiental.....	297
TABLA 9. 1. Resumen del metrado para rehabilitación con Asfalto en caliente.....	301

TABLA 9. 2. Resumen del metrado para rehabilitación con Tratamiento Superficial Bicapa	302
TABLA 9. 3. Resumen del presupuesto para rehabilitación con Asfalto en caliente. 310	
TABLA 9. 4 . Resumen del presupuesto para rehabilitación con Tratamiento Superficial.	310
TABLA 9. 5. Presupuesto: Carpeta Asfáltica	312
TABLA 9. 6. Presupuesto: Carpeta Asfáltica x m2	312
TABLA 9. 7. Presupuesto Total: Rehabilitación de la carretera.....	312
TABLA 9. 8. Presupuesto Total: Rehabilitación de la carretera	313
TABLA 9. 9. Presupuesto de Partidas Principales	313
TABLA 9. 10. Costo de mantenimiento	314
TABLA 9. 11. Duración de la Obra.....	314



INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2. 1. Comparación entre pavimentos rígidos y flexibles.	31
FIGURA 2. 2. Esquema representativo de un Pavimento Flexible (CRESPO, 2011)	32
FIGURA 2. 3. Esquema representativo de un Tratamiento Superficial Simple.....	38
FIGURA 2. 4. Esquema representativo de un Tratamiento Superficial Bicapa.....	38
FIGURA 2. 5. La figura muestra en forma esquemática las operaciones de la construcción de un tratamiento superficial simple. (KRAEMER, 2002).....	58
FIGURA 2. 6. La figura muestra en forma esquemática las operaciones de la construcción de un Tratamiento Superficial Doble. (KRAEMER, 2002).....	58
FIGURA 2. 7. Transporte de mezcla (KRAEMER, 2002)	80
FIGURA 2. 8. Colocación de mezcla asfáltica. (KRAEMER, 2002)	81
FIGURA 2. 9. Extensión mecánica de la muestra. (KRAEMER, 2002).....	82
FIGURA 2. 10. Apisonamiento. (KRAEMER, 2002)	83
FIGURA 2. 11. Juntas transversales. (KRAEMER, 2002).....	83
FIGURA 2. 12. Juntas longitudinales. (KRAEMER, 2002)	84
FIGURA 2. 13. Compactación. (KRAEMER, 2002)	84
FIGURA 2. 14. Compactación Final (KRAEMER, 2002).....	85
FIGURA 2. 15. Compactación Típica. (CRESPO, 2011)	85
FIGURA 4. 1. Mapa de ubicación del tramo	104
FIGURA 4. 2. Tramo de la carretera	105
FIGURA 5. 1. Geología del área en estudio. (INGEMMET).....	152
FIGURA 5. 2. Mapa de regionalización sismo tectónico. (Instituto nacional de Defensa Civil).....	154
FIGURA 5. 3. Forma Principales Parámetros indicadores de la Calidad de un Pavimento Asfáltico (ICG).....	160

INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO 3. 1 Población de la provincia de Yunguyo.....	99
GRAFICO 6. 1. Variación Mensual de la Temperatura Media (°C) – Estaciones de Desaguadero, Juli e llave.	196
GRAFICO 6. 2. Variación Mensual de la Humedad Relativa Media (%) – Estaciones Desaguadero, Juli e llave.	198
GRAFICO 6. 3. Variación Mensual de la Evaporación (mm) – Estaciones Desaguadero, Juli e llave.....	199
GRAFICO 6. 4. Variación Mensual de la Precipitación (mm) – Promedio (1960-2007) - Estaciones Desaguadero, Juli e llave.....	200
GRAFICO 6. 5. Precipitación total mensual – Promedio (1960-2007) - Estación Desaguadero.....	201
GRAFICO 6. 6. Precipitación total mensual – Promedio (1960-2007) - Estación Juli.	201
GRAFICO 6. 7. Precipitación total mensual – Promedio (1960- 2007) Estación llave	202
GRAFICO 6. 8. Precipitaciones Máximas en 24 horas (mm) Estaciones, Desaguadero, Juli e llave.....	203

INDICE DE FOTOS

FOTO 3. 1. Laderas muy suaves en la zona de sector Chatuma.	97
FOTO 3. 2. Forma de pampa por donde se emplaza la carretera, con presencia de fallas estructurales en el pavimento.	98
FOTO 4. 1. Inicio del tramo Km 0+000 en Chacachaca	103
FOTO 4. 2. Fin del tramo Km. 22+635 Localidad de Kasani, frontera con la República de Bolivia.	103
FOTO 5. 1. Se aprecia falla piel de cocodrilo en el pavimento, estas fallas requiere inmediata Rehabilitación	156
FOTO 5. 2. Cunetas colmatadas con sedimentos y piedras por falta de mantenimiento prog. Km. 8+100 a 8+300 del tramo de la vía Chacachaca - Yunguyo.	157
FOTO 5. 3. Muestra actual carretera existente en estado de deterioro, la presencia de piel de cocodrilo, esto se aprecia en todo el tramo.	158
FOTO 5. 4. Zona 01 de la Cantera	187
FOTO 5. 5. Zona 02 de la Cantera	188
FOTO 5. 6. Zona 03 de la Cantera	188
FOTO 8. 1. Impacto Ambiental - Cantera	272
FOTO 8. 2. Impacto Ambiental – Depósito de Material Excedente	273
FOTO 8. 3. Impacto Ambiental – Campamento Patio de Máquinas y Planta de Asfalto	274
FOTO 8. 4. Impacto Ambiental – Contaminación de las Aguas Superficiales	275

ABREVIATURAS

AASHTO: American Associations of State Highway and Transportation Officials, o sea Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte.

ASTM: American Society for Testing Materials, o sea Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales.

MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

TSB: Tratamiento Superficial Bicapa

RC: Asfaltos Líquidos de Cura Rápida.

MAC: Mezcla Asfáltica Normal

MC: Asfaltos Líquidos de Cura Media.

LC: Asfaltos Líquidos de Cura Lenta.

UTM: Sistema de coordenadas de localización a nivel mundial,

BMs: Bench Marks

CBR: California Bearing Ratio, o sea Valor Soporte California.

M.s.n.m.: Metros sobre el nivel del mar

M: Metro.

Cm: Centímetro.

IMDP: Intensidad media diaria de vehículos pesados.

IMDA: Índice medio diario anual.

DGCF: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.

FC: Factor Camión.

IP: Índice Plástico.

IRI: International Roughness Index o sea Índice Internacional de Rugosidad.

Km: Kilómetros.

LEF: Load Equivalent Factor.

LP: Límite Plástico.

LL: Límite Líquido.

Mr: Módulo de Resilencia.

SN: Structural Number o sea Número Estructural.

TMA: Temperatura Media Anual.

NPT: Normas Peruanas de Transito

DME: Depósito de Material Excedente

RESUMEN

El presente estudio titulado “COMPARACIÓN ENTRE TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA Y ASFALTO EN CALIENTE, EN LA REHABILITACIÓN DE LA CARRETERA CHACACHACA-YUNGUYO-KASANI”, ha sido elaborado con la finalidad de presentar una solución que garantice la serviciabilidad de la vía una vez que este ejecutado, colaborando de esta manera con el desarrollo económico de los centros poblados aledaños.

Actualmente la vía es difícilmente transitable por vehículos en toda su longitud, en general los problemas que presenta la vía se basan en que no cuenta con un plan de mantenimiento y las obras de arte se encuentran colmatadas, agravándose estas carencias sobre todo en época de lluvia.

La actual tecnología contempla una gama muy diversa de secciones estructurales, las cuales están en función de los distintos factores que intervienen en la performance de una vía: tránsito, tipo de suelo, importancia de la vía, condiciones de drenaje, recursos disponibles, etc. Debe elegirse la solución más apropiada, de acuerdo a las condiciones observadas, lo cual es una tarea que requiere de un balance técnico-económico de todas las alternativas; que para este caso se estudiaran Tratamiento Superficial Bicapa y por otro lado el Asfalto en Caliente.

Una vez terminados los trabajos de campo se realizó la proyección de las partidas necesarias para la rehabilitación de la vía tales como el diseño de pavimentos para Tratamiento Superficial Bicapa y por otro lado el diseño para la rehabilitación con Asfalto en Caliente , señalización, impacto ambiental y limpieza de obras de drenaje. Por último se realizó el cálculo del Presupuesto para la rehabilitación con Tratamiento Superficial Bicapa y por otro lado el presupuesto para la rehabilitación con Asfalto en Caliente además de su respectiva Programación de Obra.

Para las características técnicas que debe tener la rehabilitación nos hemos basado en las Normas Peruanas del Ministerio de Transportes como el Manual para el diseño de Caminos Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito.

El fin es proveer niveles adecuados de serviciabilidad, seguridad y comodidad a los usuarios, al mismo tiempo apoyar el desarrollo de las regiones, con mejores soluciones a menor inversión y por lo tanto mejor competitividad de la producción local.



ABSTRACT

The present project entitled "COMPARISON BETWEEN SURFACE TREATMENT BILAYER AND IN HOT ASPHALT IN THE REHABILITATION OF THE ROAD CHACACHACA-YUNGUYO-KASANI", has been developed in order to present a solution that will ensure the serviceability of the road once it is executed, collaborating in this way with the economic development of the surrounding towns.

Currently the route is hardly to drive by vehicles along its entire length, in general the problems that presents the way are based on that does not has a maintenance and works of art not clogged, worsen these deficiencies especially in rainy season.

The current technology contemplates a very diverse range of structural sections, which are function of the different factors that works in the performance of a road: traffic, type of floor, importance of the road, conditions of drainage, available resources, etc. It should be elected the most appropriate solution, according to the conditions observed, which is a task that requires of a technical-economic balance of all the alternatives; that for this case they are Superficial Processing Bilayer and on the other hand the Asphalt in Hot.

As soon as the field works were finished there was realized the design and projection of the items needed for the rehabilitation of the track such as the type of pavement for Superficial Processing Bilayer and on the other hand the design for the rehabilitation with Asphalt in Hot, as well as their construction program.

Finally the calculation of the Budget for the rehabilitation with Superficial Processing was carried out Bilayer and on the other hand the budget for the rehabilitation with Asphalt in Hot besides its respective Programming of Work.

For the technical characteristics that should have the rehabilitation we have based on the Peruvian Norms of the Department of Transportations as the Manual for the design of Roads Paved of Low Volume of Traffic.

The reason is to provide adequate levels of use, security and comfort to the users, at the same time to support the development of the regions, providing

infrastructure that gives smaller costs and therefore better competitiveness of the local production.



CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 PRESENTACIÓN DEL TEMA

A lo largo de toda la historia, uno de los problemas primordiales del país ha sido y es el transporte. Actualmente se realizan inversiones en rehabilitación de infraestructura vial, que prontamente se encuentran en mal estado de conservación, como resultado de una carencia de niveles óptimos de inversión en mantenimiento y rehabilitación de las redes viales; siendo más atractivas las opciones más económicas.

Para solucionar la presente problemática, existen variadas soluciones que respondan de buena manera frente a las exigencias de cantidad de flujo vehicular del sector, tipo de clima de la zona, disponibilidad de materiales, etc.

Dentro de estos tipos de soluciones económicas se encuentran los Tratamientos Superficiales, los cuales presentan un menor costo asociado a la construcción que los otros tipos de pavimento de asfalto y de hormigón, y responden con una satisfactoria calidad técnica en caminos donde las solicitudes de tránsito, son relativamente bajas a medias.

Otro tipo de solución económica es el Asfalto en Caliente, el cual presenta una gran adaptabilidad a los requerimientos, además de una rápida instalación y por lo tanto una rápida apertura al tránsito.

La carretera Chacachaca – Yunguyo - Kasani se encuentra en malas condiciones, por lo que el presente trabajo constituye un aporte importante

al desarrollo de estos pueblos, teniendo como principal propósito, identificar el tipo de solución que responda de una buena manera en dicho sector.

El presente trabajo dará a conocer los conceptos de un Tratamiento Superficial Bicapa y del método de Asfalto en Caliente, sus beneficios y ventajas, dar las pautas necesarias para la realización de una rehabilitación de la carretera utilizando uno de estos dos métodos, a la vez dará a conocer los parámetros que se deben tener en cuenta para el control de los materiales usados para una rehabilitación de carretera.

1.2 IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMA

Actualmente existe un deficiente nivel de serviciabilidad el mismo que perjudica el tránsito fluido de carga y pasajeros en el tramo Chacachaca – Yunguyo – Kasani.

La falta de mantenimiento deterioro de la calzada ha provocado que el flujo de transporte disminuya considerablemente en los tiempos de avenidas. Ello, afecta negativamente las transacciones socio-económicas, lo que no hace posible integrar la zona con mercados de la zona y de la región, así mismo, no permite explotar el potencial de recursos agropecuarios que ofrece el área de influencia en estudio.

Las localidades que están asentadas en esta vía son: Chacachaca, C.P. Ticaraya, C.P. Ampatiri, C.P. Chatuma, C.P. Chimbo, Cuturapi, C.P. Queñuani, C.P Acari, Yunguyo y Kasani.

1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La carretera Chacachaca – Yunguyo – Kasani actualmente es una carretera asfaltada en regular a mal estado de serviciabilidad y en ciertos tramos deteriorados transcurre por terrenos en ascenso y descenso continuo, el que mantiene casi a la misma altura con referencia al nivel del lago Titicaca.

Del km 0+00 al Km. 22+635, el camino se desarrolla por una carretera asfaltada con pendientes irregulares que oscilan un promedio de 2.6 %. Del km 7+580 en Chatuma, la vía continúa en fuerte ascenso por laderas con pendientes de hasta 6%, llegando al Km. 8+040 a partir de allí empieza el descenso hasta Km 8+500; la vía continúa hasta Km 11+700 en Cuturapi con un ligero ascenso hasta Km 12+020 a partir de allí en descenso hasta el Km 12+600. A partir de allí la variación es menor hasta el tramo Yunguyo - Kasani donde el Km 21+400 inicial un ligero ascenso hasta la frontera (Kasani) con Bolivia Km 22+635.

La carretera se encuentra entre los 3812 msnm y 3880 msnm y presenta peculiaridades de comportamiento tanto en el revestimiento asfáltico como de su estructura debido a la conjugación de solicitaciones climáticas.

La plataforma de rodadura de la vía se encuentra en regular a malas condiciones, debido a fatiga en la estructura, las lluvias que son propias de la zona, falta de mantenimiento, tráfico vehicular; esta plataforma dispone un ancho promedio de 6.20 m con una berma de 0.9 m en ambas márgenes.

En el tramo Chacachaca - Yunguyo - Kasani, se encontraron diversas obras de arte como son alcantarillas, cunetas y pontones.

El presente estudio surge como una respuesta a solucionar el deterioro paulatino de la infraestructura vial Chacachaca - Yunguyo - Kasani, debido a que en la actualidad no existe un plan de mantenimiento de parte de las instituciones y población usuaria razón por lo cual existe tramos que han colapsado inclusive la base de 0,10 m.

Rehabilitación de la carretera Chacachaca – Yunguyo – Kasani consiste de 22.635 Km que comprende desde el Centro Poblado de Chacachaca hasta la localidad fronteriza de Kasani.

El tramo de la carretera Chacachaca - Kasani está comprendido de acuerdo al DS 044-2008-MTC en la Rutas de la Red Vial Nacional como la Red Vial Departamental.

1.4 METODOLOGÍA

La metodología utilizada para el desarrollo del presente trabajo de título, consistirá en:

- Revisión bibliográfica sobre métodos de diseño, aspectos constructivos y de mantenimiento en las obras viales.
- Definición precisa del tramo a estudiar.
- Recopilación de antecedentes geológicos, geográficos y ambientales de la zona en la cual se emplaza el tramo.
- Recolección de toda la información disponible de la estructura y del pavimento existente, actividades de construcción.
- Estudio de tránsito en el sector para conocer las solicitaciones de la demanda real que ha afectado al pavimento antes y después de la rehabilitación y pronóstico futuro. Se realiza una proyección de tránsito acumulado para 10 y 20 años desde la rehabilitación.
- Inspecciones técnicas en el lugar de la obra con el fin de evaluar el estado actual del tramo mediante una inspección visual y realización de ensayos que permitan la medición y estudio de parámetros indicadores de la serviciabilidad y condición estructural.
- Procesamiento de las mediciones obtenidas y respectivo análisis de resultados.
- Se toma en cuenta condiciones establecidas tales como: utilización de la actual plataforma existente, empleo de personal y materiales de la zona y conservación del medio ambiente y su entorno.

1.5 DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO:

El estudio busca mejorar las condiciones técnicas y la eficiencia del servicio, a fin de contribuir eficazmente al desarrollo y la integración física de las comunidades, centros poblados, distritos y provincias; a la vez mejorar las condiciones de serviciabilidad, realizando un estudio de comparación, entre un Tratamiento Superficial Bicapa y Asfalto en Caliente

con la finalidad de brindar seguridad al flujo y tránsito de la carretera Chacachaca – Yunguyo – Kasani.

Lograr minimizar la inversión de la presente Gestión Municipal en la rehabilitación de dicha vía que una al Perú con la república de Bolivia, además de reducir el costo en transporte y el ahorro de horas - hombre. Se realizará de un estudio geológico superficial de la zona, que sirva de marco para las investigaciones geotécnicas; y la realización de los ensayos estándares de laboratorio de mecánica de suelos y ensayos especiales. Interpretación de los resultados de las investigaciones geotécnicas de campo y los ensayos de laboratorio; elaboración de los perfiles geotécnicos de conformación de la estructura del pavimento existente a la largo de toda la carretera.

El estudio se realizará tomando en consideración los parámetros de diseño estipulados en las Normas Peruanas de Carreteras.

Los estudios a realizarse comparan el Tratamiento Superficial Bicapa con el Método de Asfalto en Caliente

Los poblados de YUNGUYO, OLLARAYA, UNICACHI, TINICACHI, ANAPIA, COPANI, CUTURAPI; así como poblados anexos, son beneficiados en forma directa con la rehabilitación de la carretera Chacachaca – Yunguyo – Kasani.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

Se define como pavimentos a las superestructuras de carreteras, aeropuertos, calles, etc. constituida por un sistema de varias capas de espesores finitos, asentadas sobre un semi-espacio considerado teóricamente como infinito, denominado terreno de fundacion. Entre las funciones de los pavimentos se considera las siguientes:

- Resistir, transmitir y distribuir al terreno de fundación la intensidad de las cargas originadas por los vehículos.
- Mejorar las condiciones de rodadura de los vehículos, proporcionando comodidad y seguridad.
- Resistir a los esfuerzos horizontales (desgaste), tornando más durable la superficie de rodadura.

Se clasifican en dos grupos:

- **PAVIMENTOS DE CONCRETO O RÍGIDOS:** son los formados por capas que predominantemente trabajan a la tracción, (pavimentos de concreto hidráulico)
- **PAVIMENTOS ASFÁLTICOS FLEXIBLES O DE ASFALTO:** son los que no trabajan a la tracción (revestimiento asfáltico delgado, sobre capas granulares).

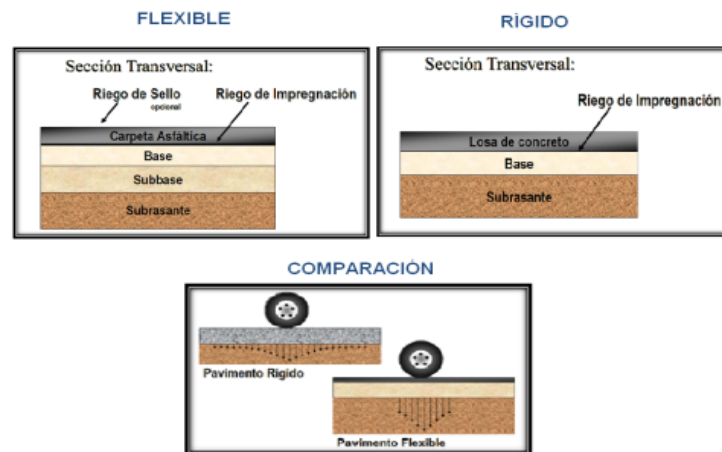


FIGURA 2. 1. Comparación entre pavimentos rígidos y flexibles.

2.1 PAVIMENTOS FLEXIBLES

Desde el punto de vista de diseño, los pavimentos flexibles están conformados por una serie de capas desde la plataforma de la subrasante (algunos incluyen como parte del pavimento la última capa de la subrasante) hasta la superficie de rodadura. La distribución de la carga está determinada por las características propias del sistema de estructuración. Este tipo de pavimento está compuesto por capas dispuestas en orden descendente según la capacidad de carga.

El comportamiento del asfalto a bajas temperaturas es estudiado en el Perú por mucho tiempo, dada la necesidad de construcción de pavimentos asfálticos en zonas de altitud, por encima de los 3500 metros. Juntamente con el problema de bajas temperaturas, el pavimento asfáltico en regiones similares, está expuesto también a una significativa variación térmica diaria, pasando de temperaturas negativas a positivas y a la saturación de las capas próximas a las aplicaciones de carga. Todos estos factores ocasionan deterioración prematura de los revestimientos asfálticos, con ahuellamientos, agrietamientos en pavimentos en forma de piel de cocodrilo, grietas longitudinal y transversal. (CORONADO,2002).

La calidad y los espesores de las capas del pavimento están íntimamente relacionados con los materiales de las capas inferiores y las características

del tránsito. Con estos dos parámetros se debe estructurar el pavimento, utilizando materiales disponibles en canteras seleccionadas cercanas.

La típica estructura de un pavimento flexible consta de las siguientes partes constitutivas:

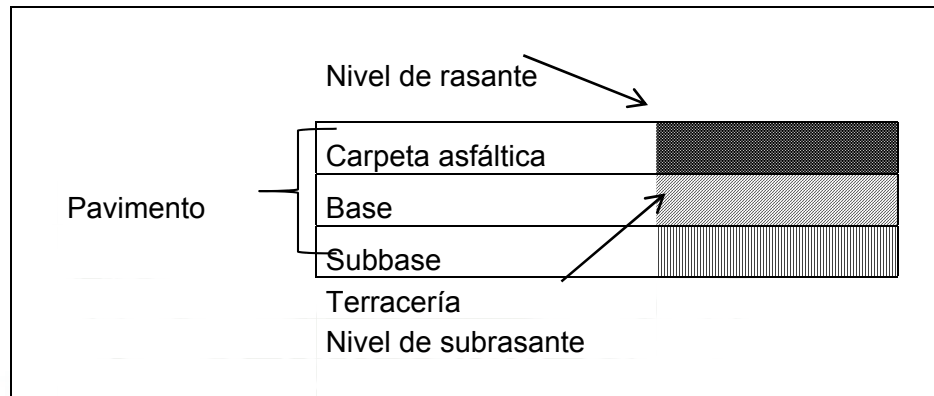


FIGURA 2. 2.Esquema representativo de un Pavimento Flexible (CRESPO, 2011)

- **Carpeta asfáltica o superficie de rodadura:** Es la capa de material pétreo cementado con asfalto que se coloca sobre la base para satisfacer las funciones siguientes:
 - a. Proporcionar una superficie de rodamiento adecuada que permita, en todo tiempo, un tránsito fácil y cómodo de los vehículos. (CRESPO, 2011)
 - b. Impedir la infiltración del agua de lluvia hacia las capas inferiores, para impedir que el agua disminuya su capacidad para soportar cargas. (CRESPO, 2011)
 - c. Resistir la acción destructora de los vehículos y de los agentes climáticos. (CRESPO, 2011)
- **Base:** Es la capa de material que se construya sobre la subbase o, a falta de ésta, sobre la terracería, debiendo estar formada por materiales de mejor calidad que el de la subbase. Los principales requisitos que debe satisfacer la capa de base son los que siguen:

- a. Tener en todo tiempo la resistencia estructural para soportar las presiones que le sean transmitidas por los vehículos estacionados o en movimiento.(CRESPO, 2011)
 - b. Tener el espesor necesario para que dichas presiones al ser transmitidas a la subbase o la subrasante, no excedan la resistencia estructural de éstas. (CRESPO, 2011)
 - c. No presentar cambios volumétricos perjudiciales al variar las condiciones de humedad. (CRESPO, 2011)
- **Sub-base:** Es la capa que está bajo la capa de base y también es granular del tipo grava –arena.

La subbase tiene como función:

- a. Reducir el costo del pavimento disminuyendo el espesor de la base que se construye, generalmente, con materiales de mayor costo por tener que cumplir con especificaciones más rígidas.
- b. Proteger a la base aislándola de la terracería ya que cuando ésta está formada por material fino y plástico (generalmente es el caso) y cuando la base es de textura abierta, de no existir aislamiento dado por el material de subbase, el material de la terracería se introduciría en la base pudiendo provocar cambios volumétricos perjudiciales al variar las condiciones de humedad, a la vez que se disminuiría la resistencia estructural de la base. El aislamiento producido por la subbase no sólo consiste en evitar que los finos plásticos de la terracería se introduzcan en la base de textura abierta, sino también en evitar los bufamientos y revoltura de ambos materiales cuando se usan piedras trituradas o gravas de río para formar la base. (CRESPO, 2011)
- c. En caminos en construcción frecuentemente se construye la subbase, que propiamente es un revestimiento provisional, para tener una superficie de rodamiento que facilite, en cualquier época del año, el paso del equipo de construcción y de los vehículos que transiten por el camino antes de quedar pavimentado. Si el revestimiento provisional

una vez que ha estado en servicio reúne las condiciones de calidad para subbase, este espesor total del pavimento, de lo contrario debe dejarse como parte de las terracerías.

2.1.1 CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES O PAVIMENTO ASFÁLTICO:

Mezcla asfáltica en frío: Es la mezcla de agregados pétreos con aglomerados bituminosos emulsificados o asfaltos rebajados. (CORONADO, 2002).

Mezcla asfáltica en caliente: Es la mezcla de agregados pétreos con aglomerados bituminosos. (CORONADO, 2002).

Riegos Asfálticos: Son riegos sucesivos y alternados de material bituminoso y agregados pétreos triturados, que son compactados para lograr una acomodación más densa. Brinda a la superficie las condiciones necesarias de impermeabilidad, resistencia al desgaste y suavidad para el rodaje. Se pueden mencionar: Tratamientos superficiales simples, dobles y triples. (CORONADO, 2002).

Tratamientos superficiales: Consiste en la aplicación de material asfáltico sobre la superficie preparada de base, el riego y compactación del material pétreo graduado, que sirve de cubierta y se colocará sobre el material asfáltico en diferentes capas alternándolas. (CORONADO, 2002).

Sellos Asfálticos: Es el revestimiento con emulsiones asfálticas y agregado fino, destinado principalmente a impermeabilizar una superficie asfáltica existente, por medio del llenado de los vacíos y grietas y/o evitar la desintegración de superficies asfálticas desgastadas y mejorar su resistencia contra el deslizamiento aumentando la durabilidad del pavimento. Se pueden mencionar dos tipos de sellos asfálticos:

Lechada Asfáltica (Slurry Seal): Consiste en una mezcla de agregados pétreos, emulsión asfáltica, agua y aditivos, que

proporcionan una mezcla homogénea, que se aplica, sobre un pavimento, como un tratamiento de sellado con el fin de impermeabilizarlo; proporcionando una textura resistente, antideslizante y adherida firmemente a la superficie. (CORONADO, 2002).

Microaglomerados (Microsurfacing): El Microsurfacing, también conocido como sistema MS-1, consiste en una mezcla de emulsión catiónica de asfalto modificado con polímeros, agregados minerales, rellenos, agua y otros aditivos que son tendidos sobre una superficie pavimentada, evitando la desintegración de superficies asfálticas desgastadas y mejorando su resistencia contra el deslizamiento, aumentando su durabilidad. (CORONADO, 2002).

2.1.2 ETAPAS DE VIDA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE.

- a. Fase de consolidación: Disminución desacelerada del valor de la deflexión la cual se estabiliza al final de esta.
- b. Fase elástica: La deflexión se mantiene aproximadamente constante. Esta define la vida útil del pavimento.
- c. Fase de fatiga: Crecimiento acelerado del nivel de deflexión del pavimento. Se exteriorizan los efectos de fatiga: fisuras, grietas y acumulación de deformaciones permanentes bajo repeticiones de cargas.

2.2 TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Se define un tratamiento superficial como una superficie asfáltica que resulta de una o más aplicaciones sucesivas y alternadas de ligante asfáltico y áridos sobre una base granular o sobre un pavimento existente de asfalto o de hormigón, teniendo por finalidad el mejorar o conservar las características físicas y mecánicas de las superficies así tratadas. De acuerdo al número de

aplicaciones de asfalto y áridos, estos reciben el nombre de tratamiento superficial simple, doble, triple o múltiple. También se consideran tratamientos superficiales a algunos tipos de mezcla asfáltica-agregados. Todos los tratamientos superficiales sellan y prolongan la vida de las carreteras.

Tratamiento asfáltico de superficie (asphalt surface treatment) es un término amplio que engloba varios tipos de aplicaciones con asfalto y asfalto-agregado, usualmente de menos de 25mm (1plg) de espeso y aplicado a cualquier tipo de superficie del camino. La superficie del camino puede ser una base granular imprimada, un asfalto existente o un pavimento de hormigón de cemento portland los tratamientos de superficie aplicados a un pavimento existente son a menudo llamados riego de sellado. (KRAEMER, 2004).

Adecuadamente contruidos los tratamientos asfálticos de superficie son económicos, fáciles de colocar y de larga duración. Todo de ello sellan y agregan años de servicio a las superficies de los caminos; pero cada uno de ellos tiene uno o más propósitos especiales. Un tratamiento de superficie no es en sí mismo un pavimento.

Es principalmente una técnica de mantenimiento económicamente efectiva para prolongar la vida de servicio del pavimento. Resiste la abrasión del tráfico y provee impermeabilización para la estructura inferior. Un tratamiento de superficie agrega poca resistencia estructural y por lo tanto, normalmente no se lo toma en cuenta al determinar la capacidad portante de un pavimento. (CORONADO, 2002).

Si bien, empleado correctamente, un tratamiento de superficie puede proveer una excelente superficie resistente al deslizamiento, no es una solución para todos los problemas del pavimento. Para obtener los mejores resultados, es esencial una clara comprensión de las ventajas y limitaciones de los tratamientos de superficie con emulsiones asfálticas. La intensidad del tráfico, las condiciones climáticas y los materiales disponibles deberán de tenerse en consideración al elegir y diseñar un tratamiento de superficie.

2.2.1 GENERALIDADES

Los tratamientos superficiales son los sistemas de revestimientos empleando agregados pétreos y asfaltos más eficientes en costos. De acuerdo a su aplicación o preparación se debe ejecutar ensayos para verificar las dosificaciones de agregado y ligante en tratamientos superficiales, así como la granulometría de aquellos.

Un tratamiento superficial brinda una cubierta impermeable a la superficie existente de la calzada y resistencia a la acción abrasiva del tránsito. El tratamiento superficial provee una textura superficial excepcional, impermeabilidad al agua y alguna resistencia a las fisuras.

El objetivo de los tratamientos superficiales es sellar, impermeabilizar y aumentar la durabilidad de las calzadas tratadas, proporcionando superficies de rodaduras seguras y adecuadas para el tránsito de vehículos, en toda época del año. Los tratamientos superficiales constituyen capas de protección que no aportan resistencia estructural al pavimento.

2.2.2 CLASIFICACIÓN DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Los tratamientos superficiales se pueden clasificar en definitiva según la Tabla 2.1. A continuación se analizan únicamente los diferentes tratamientos superficiales con riegos y las lechadas bituminosas.



TABLA 2. 1. Clasificación de los Tratamientos Superficiales

Riegos	Sin gravilla	En negro De imprimación De adherencia De curado
	Con gravilla	Monocapa Bicapa Multicapa Monocapa doble engravillado De sellado
Mezclas bituminosas en capas de pequeño espesor.	Lechadas bituminosas Microaglomerados en frío Microaglomerados en caliente	

Fuente: Ingeniería de Carreteras, Volumen II, Editorial Mc Graw Hill



FIGURA 2. 3. Esquema representativo de un Tratamiento Superficial Simple

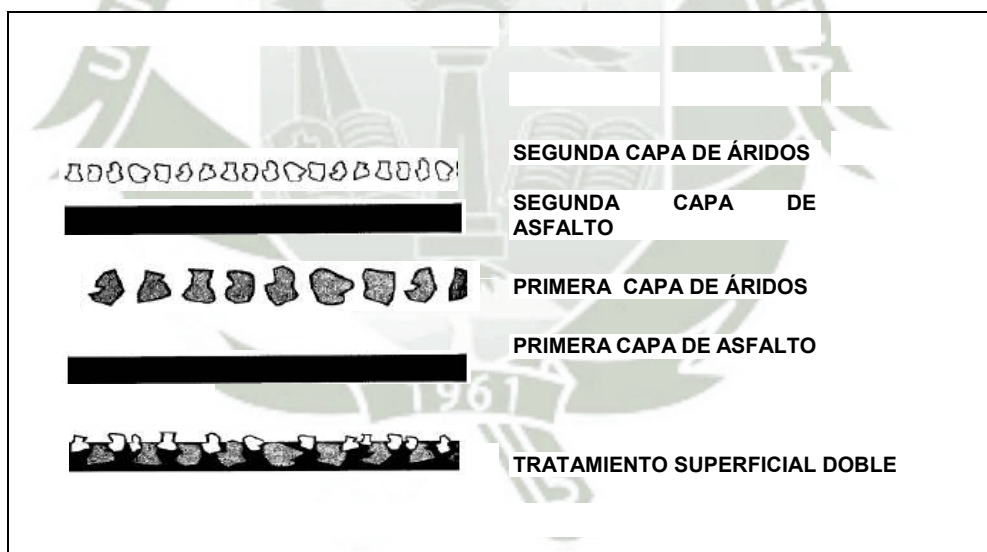


FIGURA 2. 4. Esquema representativo de un Tratamiento Superficial Bicapa.

a. Riegos en Negro:

Este término podría aplicarse a todos los riegos sin gravilla, pero suelen designarse así únicamente los riegos que se realizan en vías de baja intensidad de tráfico sobre superficies de rodadura

pobres en ligante, envejecidas y faltas de impermeabilidad. De esta forma se atenúan estos deterioros y se rejuvenece el pavimento. Si después del riego con ligante se recurriera a extender arena, podría considerarse como un riego de sellado con árido fino.

Para no depositar un exceso de ligante sobre la superficie antigua, que la haría deslizante, el riego tiene que hacerse con ligantes muy fluidos con una mínima dotación en función de la textura y grado de envejecimiento del pavimento (0,2 a 0,4 kg/m² de ligante residual). Los ligantes usuales en estos tratamientos son emulsiones aniónicas de rotura lenta o media diluidas en aguas. (KRAEMER, 2004)

b. Riegos de Imprimación:

Los riegos de imprimación se obtienen por aplicación de un ligante fluido sobre una superficie no tratada anteriormente con ningún conglomerante o ligante (capa granular o explanada). Se pretende que el riego penetre lo más lo más posible (aunque muchas veces la profundidad de la penetración no va más allá de algunos milímetros), prepare la superficie de apoyo y contribuya a la sujeción de la capa bituminosa o tratamiento superficial posteriores. (KRAEMER, 2004)

c. Riegos de adherencia:

Se define como riego de adherencia la aplicación de una pequeña cantidad de emulsión bituminosa (generalmente del orden de 0.3 kg/m² de betún residual) sobre una superficie bituminosa que ha de ejecutarse posteriormente. (KRAEMER, 2004)

d. Riegos de curado:

Se utilizan para asegurar que durante su fraguado y primer endurecimiento las capas tratadas con conglomerantes hidráulicos (suelo cemento, grava cemento, hormigón compactado, etc.) conserven la humedad necesaria para esos procesos. Se pretende

formar una película delgada que impermeabilice la superficie de la capa para evitar la pérdida de humedad por evaporación. (KRAEMER, 2004)

2.2.3 FUNCIONES DE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Las principales funciones de los tratamientos superficiales son:

- Proteger la superficie de la base estabilizada de la acción erosiva y esfuerzos tangenciales producidos por los neumáticos de los vehículos. (AGUILAR, 2005)
- Proteger la estructura del camino de la acción del clima, principalmente de las infiltraciones de agua que podrían comprometer la estabilidad de las capas granulares.
- Asegurar un nivel de adherencia mínimo entre neumático y superficie de la calzada.
- Su ejecución en forma eficiente permite la obtención de un tratamiento económico, de construcción simple y durable. Aplicados sobre una base granular, su efecto de impermeabilización permite que esta conserve su capacidad de soporte adecuada. Aplicados sobre pavimentos existentes de asfalto o de hormigón, prolongan la durabilidad de la calzada. (AGUILAR, 2005)
- Un tratamiento superficial doble, adecuadamente diseñado y construido, proporciona un considerable incremento en durabilidad y resistencia en comparación con un tratamiento simple, obteniéndose además, una mayor impermeabilidad. La mayor resistencia y durabilidad que proporcionan los tratamientos dobles los hacen especialmente adecuados para condiciones de mayor transitabilidad, pendientes más pronunciadas y climas más severos. (AGUILAR, 2005)
- Proveer una superficie económica y duradera para caminos con bases granulares que tienen tránsitos ligeros y de mediano volumen.

- Prevenir la penetración superficial de agua en bases granulares y pavimentos antiguos que han comenzado a fisurarse o desintegrarse con el tiempo.
- Renovar superficies y restaurar la resistencia al deslizamiento de pavimentos deteriorados por el tránsito en los cuales los agregados superficiales han comenzado a pulirse.
- Asegurar la adherencia de las capas asfálticas superiores con las bases granulares (riego de imprimación).
- Se adapta mejor a las deformaciones que ocurrirán en los asentamientos futuros.

2.2.4 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Las ventajas que proporcionan los tratamientos superficiales son:

1. Superficie de bajo costo para cualquier clima.
2. Sellado completo, revestimiento impermeable.
3. Superficie antideslizante.
4. Proveen una cubierta temporal para una base nueva.
5. Protegen pavimentos antiguos hasta poder hacerles mejores permanentes.(AGUILAR, 2005)

Las desventajas de los tratamientos superficiales son:

1. No proporciona resistencia a las cargas, el tener poca duración a las cargas livianas y medianas y no ser muy recomendable su utilización en caso de cargas pesadas.
2. Para diseñar un tratamiento superficial de dos capas se parte de los siguientes supuestos: El material inerte fino solo sirve para llenar los vacíos dejados por el material grueso de la primera capa. El espesor total de la capa del tratamiento es igual al tamaño promedio del agregado grueso.
3. El tamaño máximo del material de la segunda capa deberá ser la mitad del tamaño máximo de la primera capa. Los vacíos que se

tiene en el volumen absoluto del tratamiento terminado variaran en un 5% a un 7%.

2.2.5 TIPOS DE MATERIALES

Los materiales que se utilizan para ejecutar un tratamiento superficial son:

2.2.5.1 AGREGADOS

Considerando su posición en la calzada, en contacto directo con los neumáticos y la intemperie, el agregado seleccionado para el tratamiento debe cumplir ciertas exigencias normativas y características en cuanto a tamaño, dureza, forma, limpieza y propiedades superficiales.

El agregado debe ser tan uniforme como sea económicamente practicable de manera que el tratamiento superficial tenga esencialmente una sola capa de partículas. La mayoría de los agregados duros pueden usarse con éxito para tratamientos superficiales.

Los agregados utilizados en una capa de rodadura están sometidos a la acción abrasiva del tráfico. Si dichos agregados no son lo suficiente duros para resistir un rápido desgaste, el pavimento, cuando húmedo, puede tornarse peligrosamente resbaladizo.

La resistencia a la abrasión de los agregados puede ser medida con el ensayo Los Ángeles {ASTM C131 (AASTO T96)}. Para tratamientos superficiales, el desgaste por abrasión no debe superar el 40%.

2.2.5.1.1 Control de Calidad de los Agregados

Dureza: Existen numerosos ensayos que evalúan características de dureza, el ensayo más utilizado en el mundo es el llamado ensayo de la “Máquina de Los Ángeles”.

Forma: Es una característica importante por dos motivos: Primero, porque las partículas minerales que tienen forma poco cúbica tienden a romperse con más facilidad que las cúbicas y, segundo, porque cuanto más lajas o achatadas sean las partículas, más habrá que variar las reglas normales de dosificación, ya que tienden a apoyarse sobre la mayor dimensión y, por lo tanto, en la dosificación habrá que hablar de la “media dimensión menor”, en lugar de la dimensión media.

Angularidad: El buen rozamiento interno de las partículas minerales es importante para asegurar un trabajo en común de todo el conjunto de partículas minerales que forman el mosaico final del riego. Distintas especificaciones consideran que una partícula puede ser adecuada cuando tiene, por lo menos, dos caras fracturadas, exigiendo que el contenido de estas partículas sea superior al 75% en peso del total.

El ensayo de las caras fracturadas determina el porcentaje en peso del material que presente una, dos o más caras fracturadas de las muestras de agregados pétreos. (EG- 2000)

Granulometría: El agregado debería ceñirse, a un tamaño, preferentemente en el rango de 6 a 16 mm. (1/4 a 5/8 pulgadas) para tratamientos superficiales simples.

Si el tamaño es mucho mayor a los 16mm. (5/8 pulgadas), puede ocasionar un ruido de neumáticos que va más allá de lo tolerable. Si es mucho menor de 6mm. (1/4 pulgada), es difícil de extender uniformemente. Además los agregados más finos bajan el rango admisible para la distribución unitaria de aplicación de asfalto.

Los agregados de tamaño mayor a los 13mm. (1/2 pulgada) provee una superficie de rodamiento más suave y menos ruidosa que los más gruesos o de mayor tamaño que pueden ser utilizados en tratamientos múltiples. (EG- 2000)

En general, la partícula mayor no debería de ser más de dos veces el diámetro de la más pequeña. Debería tolerarse una ligera cantidad de

material por encima y por debajo, respectivamente, de los límites superior e inferior. Para tratamientos simples, el máximo tamaño está limitado por la cantidad de emulsión asfáltica que puede ser aplicada por el distribuidor sin que ella escurra sobre la superficie.

TABLA 2. 2. Rangos de Gradación para Tratamientos Superficiales

TAMIZ	Porcentaje que pasa			
	Tipo de Material			
	A	B	C	D
25,0 mm. (1")	100	-	-	-
19,0 mm. (3/4")	90 - 100	100	-	-
12,5 mm. (1/2")	10 - 45	90 - 100	100	-
9,5 mm. (3/8")	0 - 15	20 - 55	90 - 100	100
6,3 mm. (1/4")	-	0 - 15	10 - 40	90 - 100
4,75 mm. (N°4)	0 - 5	-	0 - 15	20 - 55
2,36 mm. (N°8)	-	0 - 5	0 - 5	0 - 15
1,18 mm. (N°16)	-	-	-	0 - 5

Fuente: Manual de Especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras (EG – 2000)

Limpieza.- La falta de limpieza del árido puede ser causa determinante de una mala adhesividad y, por lo tanto, de una pérdida prematura de gravilla. También puede contribuir a una rotura demasiado rápida de la emulsión y, consiguientemente, a una mala terminación del tratamiento superficial. En todos los casos dudosos es aconsejable proceder a un lavado previo de los áridos.

Resistencia al Pulido: Es necesario indicar la gran importancia que en los tratamientos superficiales tiene la conservación de la textura superficial de los áridos. El "Transport and Road Research Laboratory" ha desarrollado un ensayo de pulido acelerado que ha sido adoptado por numerosas administraciones. En este ensayo, mediante la aplicación de dos abrasivos y el paso de una rueda neumática sobre las probetas formadas por un mosaico de partículas minerales, se determina la evolución del coeficiente de rozamiento medio con un péndulo a lo largo de 6 horas. El valor final es el Coeficiente de Pulido

Acelerado (C.P.A). En los riegos, según la responsabilidad, se exigen valores comprendidos entre 0.4 y 0.55.

Adherencia: La buena adherencia entre agregado y el ligante, y la capacidad para conservarla, son esenciales para obtener un buen tratamiento superficial. La adherencia sin embargo puede ser afectada por condiciones climáticas de humedad y/o suciedad en los agregados, que deben ser controladas para asegurar el éxito del tratamiento.

Activación: Frente a determinadas condiciones de humedad y contaminación del agregado, o en carreteras de elevada intensidad de tránsito, con el objetivo de favorecer la adherencia entre el ligante y el agregado, es posible la utilización de activantes.

Los activantes son productos que permiten mejorar el contacto entre el árido y el ligante, asegurando una buena adherencia.

Entre los métodos de activación que suele utilizarse destacan:

- Pre tratamiento o mojado previo de los áridos con un activante.
- Pre envuelto del árido con ligante fluido.
- Activación en masa del ligante a emplear.

Desintegración del agregado: La desintegración de los agregados se determinará mediante el Ensayo de Durabilidad. (ASTM C 88 o AASHTO T 104), en el cual la norma exige que para la pérdida en sulfato de sodio (Na_2SO_4), se aceptará un 12% como máximo y para la pérdida en sulfato de magnesio (MgSO_4), un 18% como máximo.

Cubicidad de Partículas: La cubicidad de los agregados pétreos se determinará mediante los ensayos siguientes:

- Partículas Chancadas % mínimo 7.
- Partículas Lajeadas % máximo 10.

Propiedades Químicas: La adhesividad está condicionada por las características minerales del árido y por la composición del ligante.

Aparte de ello colaboran en el fenómeno de adhesividad otra serie de factores físicos como son la textura superficial del árido y su limpieza.

En todos estos aspectos sería deseable lograr una caracterización química y mineralógica del árido más completa y científica que la obtenida mediante los actuales conceptos de áridos calizos o silicios, los cuales son insuficientes para preconizar una buena o mala adhesividad con emulsiones.

Otro factor muy importante, derivado de la propia composición del árido, es el de su inalterabilidad.

Procedencia:

Los agregados a emplear en el tratamiento superficial bicapa proceden de la Cantera Japu ubicada en el km 7+300 de la Carretera Chacachaca – Yunguyo - Kasani. Estos materiales son triturados y zarandeados para su empleo.

Producción de agregado:

Los agregados pétreos se obtienen del reciclaje del over (retenido en la malla de 2”) de la producción del material de base granular, obteniéndose los siguientes tamaños.

Piedra de $\frac{3}{4}$ ” a $\frac{3}{8}$ ”, para la primera capa del TSB.

Piedra de $\frac{3}{8}$ ” a la N°6 (3.50mm) para la segunda capa del TSB.

Arena (pasante la malla N°6) para arenado de imprimación, previo venteado y/o lavado.

Acopio del agregado grueso:

El material producido para el TSB se almacena por rumas mediante cargadores frontales, y separadas adecuadamente entre si para evitar que se mezclen o contaminen.

En cuanto a la protección de la humedad y de las lluvias es necesarios cubrir dichos materiales con plásticos en toda su extensión.

Los agregados pétreos para la ejecución del tratamiento superficial deben cumplir con las exigencias de calidad siguientes:

TABLA 2. 3. Requerimientos de calidad de los agregados pétreos para la ejecución de Tratamientos Superficiales

ENSAYOS	ESPECIFICACIONES
Abrasión (MTC E 207)	40% máx.
Pérdida en sulfato de sodio (MTC E 209)	12% máx.
Pérdida en sulfato de magnesio (MTC E 209)	18% máx.
Adherencia (MTC E 519)	95
Terrones de arcilla y partículas friables (MTC E 212)	3% máx.
Sales solubles Totales (MTC E 219)	0.5 % máx.

Fuente: Manual de Especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras (EG – 2000)

2.2.5.2 LIGANTES

2.2.5.2.1 Asfaltos Diluidos: Cutbacks

Llamados “Asfaltos Recortados” resultantes de la dilución de Cementos Asfálticos por algún destilado de petróleo.

Los diluyentes utilizados funcionan como “vehículos” resultando productos menos viscosos que pueden ser aplicables a temperaturas más bajas. Los diluyentes se evaporan después de la aplicación.

De acuerdo al “Tiempo de Cura”, determinado por la naturaleza del diluyente utilizado se clasifican en:

- RC: Asfaltos Líquidos de Cura Rápida.
- MC: Asfaltos Líquidos de Cura Media.
- LC: Asfaltos Líquidos de Cura Lenta.

Para obtener los RC se usa como diluyente, una nafta o gasolina pesada.

En cuanto para obtener los MC se usa un kerosene.

Cada una de estas categorías presenta diferentes rangos de viscosidad cinemática determinadas en función de la cantidad de diluyente. Así, los RC son constituidos por los siguientes tipos:

- RC-70, RC-250, RC-500, RC-3000, etc.

Análogamente, los MC presentan:

- MC-30, MC-70, MC-250, MC-800.

El ligante asfáltico usado en el tratamiento superficial puede ser cualquier producto que sea suficientemente fluido, cuando se esté regando, como para humedecer tanto al agregado como a la superficie del pavimento y que dentro de un cierto tiempo, desarrolle suficiente viscosidad para sujetar al agregado y retenerlo, no obstante los cambios de temperatura que pueda sufrir el pavimento. (CRESPO, 2011)

El tipo de asfalto usado en el tratamiento es del tipo Cut-Back (RC -250) asfalto de curado rápido compuesto de betún asfáltico y un disolvente tipo nafta o gasolina, muy volátil.

2.2.5.2.2 Emulsiones

Existen diversas aplicaciones de las emulsiones, que esquemáticamente son las siguientes:

- Tratamientos superficiales con riego.
- Riegos de penetración.
- Mezclas asfálticas abiertas.
- Estabilización de suelos.
- Mezclas asfálticas densas.
- Lechada asfálticas (Slurry Seal)
- Bacheos.
- Riegos solo de ligante.

Estos productos son, generalmente, cementos asfálticos con penetraciones entre 60 y 120, transformados a un estado líquido por medio de un proceso mecánico ayudado por un producto emulsificante, que los mantiene en suspensión dentro de un medio acuoso. Las emulsiones asfálticas ofrecen varias ventajas con respecto a otros tipos de materiales asfálticos:

- Pueden ser utilizadas con agregados húmedos, los que, de hecho, son preferidos.
- No requieren altas temperaturas para una adecuada aplicación.
- Eliminan el riesgo de incendio asociado con asfaltos diluidos.
- Evitan los problemas de degradación de la calidad del aire por uso de asfalto diluido.
- Proveen una más rápida “retención” de los agregados que los asfaltos diluidos.
- Para la mayoría de las situaciones, pueden formularse ajustadas a las condiciones existentes y a los agregados disponibles.

Una de las claves para una buena performance radica en la correcta selección del tipo, grado y distribución unitaria de aplicación de la emulsión. Cuando se ha elegido el grado adecuado, la emulsión asfáltica para tratamiento de superficie.

Será lo suficientemente fluida durante la aplicación para ser distribuida adecuadamente y cubrir la superficie uniformemente.

Retendrá, luego de aplicada, la adecuada consistencia para mojar la superficie a tratar y el agregado usado.

Curará y desarrollará rápidamente la adhesión al agregado y a la superficie.

Mantendrá el agregado adherido fuertemente a la superficie del camino luego del rodillado y curado, evitando la pérdida de material pétreo.

No exudará o perderá adherencia con condiciones climáticas cambiantes cuando se aplica con la adecuada distribución unitaria.

En la tabla 2.4. se muestra los tipos de emulsiones asfálticas recomendadas para tratamientos de superficie y sellado. Las emulsiones asfálticas de rotura rápida se emplean normalmente para tratamientos de superficie, al reaccionar rápidamente con el agregado y curar rápidamente.



TABLA 2. 4. Tratamiento de superficie y riego de sellado con emulsión asfáltica

TIPO DE CONSTRUCCION	DESCRIPCION Y USO	EMULSIONES ASFÁLTICAS TÍPICAS	SUGERENCIAS CONSTRUCTIVAS
Tratamiento Superficial Simple (Chip Seal)	De los métodos de mantenimiento de bajo costo, el más importante. Provee una superficie para todo tipo de climas, renueva pavimentos intemperizado, mejora la resistencia al deslizamiento, la demarcación de carriles y sella pavimentos.	CRS-2 (CRR-2) RS-2 (RR-2)	Aplicación de riego. Muchos tipos de textura disponible. Claves para el éxito, coordinar la construcción, utilizar agregados limpios y duros y calibrar adecuadamente el equipo de riego
Tratamiento Superficial Doble	Dos aplicaciones de ligante y de agregado. Para la segunda aplicación de agregados se emplea un tamaño menor que el correspondiente a la primera.	CRS-2 (CRR-2) RS-2 (RR-2) HFRS-2(RR-2 ALTA FLOTACIÓN)	Ver tratamiento Superficial simple
Tratamiento Superficial Triple	Tres aplicaciones de ligante y de tres tamaños de agregados. Provee un pavimento flexible de hasta 20 mm de espesor. Provee nivelación al tiempo que una superficie de sellado muy resistente al desgaste.	CRS-2 (CRR-2) RS-2 (RR-2) HFRS-2 (RR-2 ALTA FLOTACIÓN)	Aplicación de riego en tres capas
Cape Seal	Combina un tratamiento superficial simple con una lechada asfáltica. Provee, para reducir el hidropilaje, la superficie áspera “nudosa” de un tratamiento de superficie, pero al mismo tiempo dispone de una resistente matriz de arena para durabilidad. Los datos de ensayo indican una mayor resistencia al daño producido por neumáticos con clavos que un tratamiento superficial simple.	CQS-1h (CRR-2 QSh) CSS-1h (CRL-1h) QS-1h (RR QS-1h) SS-1h (RL-1h) RS-2 (RR-2) CRS-2 (CRR-2)	Aplicar un tratamiento superficial simple. Luego del curado, barrer el material suelto y aplicar la lechada asfáltica. Para formar la matriz hacer el enrase sobre la superficie del agregado. Evitar un exceso de lechada (que puede cubrir la deseada textura “nudosa” de los agregados)
Sellado Doble (Sandwich Seal)	Mejora la resistencia al deslizamiento, sella pavimentos.	RS-2 CRS-2 (CRR-2) HFRS-2 (RR-2 alta flot.) Usualmente con adición de polímeros	Extender el agregado de mayor tamaño, distribuir la emulsión y luego cubrir con el agregado menor, para “trabar” al agregado mayor.

<p>Sellado con Arena (Sand Seal)</p>	<p>Restaura la uniformidad de la superficie. En la ciudad, facilita el barrido de las calles y mejora la visibilidad de la demarcación horizontal. Revitaliza pavimentos secos, intemperizado, reduce el desprendimiento</p>	<p>CRS-1 (CRR- 1) CRS-2 (CRR- 2) RS-2 (RR-2) MS-1 (RM-1) HFMS-1(RM-1 alta flot.)</p>	<p>Aplicación de riego, más una capa de arena. Compactar con rodillos neumáticos. Evitar exceso de ligante</p>
<p>Lechada Asfáltica (Slurry Seal)</p>	<p>Empleado en el mantenimiento de aeropuertos y calles de la ciudad, donde no es tolerable el agregado suelto. Sella llena depresiones menores, provee una superficie fácil de barrer. La lechada líquida se aplica con una caja distribuidora provista de una enrasadora con tiras de goma.</p>	<p>CQS-1h (CRR-2 QSh)CSS-1h CRL-1h QS-1h (RRQS-1h) SS-1h (RL-1h) RS-2 (RR-2) CRS-2 (CRR-2)</p>	<p>Ensayar la mezcla de emulsión y agregados para alcanzar la trabajabilidad, la velocidad de rotura y la durabilidad deseada. Calibrar los equipos previamente del inicio.</p>

- **Fuente:** Manual Centroamericano para diseño de Pavimentos.

Composición de Emulsiones Asfálticas

Una emulsión asfáltica consiste de tres ingredientes básicos: Asfalto, Agua y un Agente Emulsivo.

Es bien sabido que el agua y el asfalto no se mezclan, excepto en condiciones cuidadosamente controladas, utilizando equipos de alta especialización y aditivos químicos. El objetivo es lograr una dispersión estable del cemento asfáltico en el agua, suficientemente estable para ser bombeada, almacenada durante un tiempo prolongado y mezclada. (AGUILAR 2005)

- **Asfalto**

El asfalto proviene principalmente de la refinería del crudo de petróleo. El asfalto está compuesto básicamente de grandes moléculas de hidrocarburos y su composición química es variada.

El cemento asfáltico es el elemento básico de la emulsión asfáltica y en la mayoría de los casos, constituye entre un 50% y un 75% de la emulsión.

Si bien la dureza de la base del cemento asfáltico puede variar. La mayoría de emulsiones es hecha con asfaltos, con un rango de penetraciones de 60 -250.

- **Agua**

El segundo componente de una emulsión asfáltica es el agua. Aguas que contienen partículas no deberían utilizarse en la elaboración de las emulsiones, dichas aguas pueden ser particularmente perjudiciales para las emulsiones catiónicas. Comúnmente, tales partículas están cargadas negativamente y absorben rápidamente a los agentes emulsivos, desestabilizando la emulsión.

El uso de las aguas impuras puede resultar un desequilibrio en los componentes de la emulsión, lo que puede afectar en forma adversa la performance o causar una rotura prematura.

- **Agentes Emulsivos**

Las propiedades de las emulsiones asfálticas dependen en gran medida en los agentes químicos utilizados como emulsivos. El emulsivo es un agente tensioactivo o surfactante. El agente emulsivo mantiene las gotitas de asfalto en suspensión estable y controla el tiempo de rotura. Es también el factor determinante en la clasificación de las emulsiones como aniónicas, catiónicas o no-iónicas.

El agente emulsivo, empleado en combinación con un asfalto aceptable, agua de buena calidad y adecuados procedimientos mecánicos, es el factor principal en la emulsificación, la estabilidad de la emulsión y en la performance de la aplicación final en el camino.

2.2.6 ADHRENCIA LIGANTES – AGREGADOS PÉTREOS

Una de las funciones principales de los ligantes bituminosos, es la de actuar como agentes cohesivos, ya sea con los agregados pétreos para mantenerlos unidos en la mezcla o bien, entre las distintas capas de un camino.

Ningún betún puede ser considerado como un adhesivo ideal, pero tomando ciertas precauciones, el mismo puede cumplir una buena función como tal.

La adhesión entre agregados y ligantes, no presenta mayores problemas cuando se está en ausencia de agua. Sin embargo, la presencia de polvo en cantidades excesivas, puede afectar seriamente la adhesión. (EG- 2000)

Por otro lado, debido a que los agregados pétreos son humedecidos más fácilmente por el agua que por los betunes, la presencia del agua puede provocar dificultades, ya sea en la etapa inicial de cobertura de un agregado húmedo, o bien, mantener una adecuada unión entre el ligante y el árido frente a la acción del agua a través del tiempo.

2.2.6.1 ADHESIÓN EN AUSENCIA DE AGUA

Los asfaltos en general adhieren bien sobre la mayoría de los agregados normales, salvo que éstos se encuentren recubiertos con excesiva cantidad de polvo.

Para asegurar la adhesión, es necesario que el ligante humecte a las piedras; este proceso es controlado principalmente por la viscosidad del ligante. Prácticamente, es necesario que la cobertura ocurra rápidamente, de ahí que la viscosidad demasiado alta en el momento de la aplicación, puede resultar perjudicial. Este problema se pone de manifiesto cuando se trata de un agregado con mucho polvo, dado que hay mayor tendencia por parte del ligante a recubrir la capa de polvo, que a la piedra en sí.

Si la viscosidad es demasiado alta, el ligante puede no alcanzar la superficie de las piedras. (AGUILAR, 2005)

En el caso de tratamientos superficiales en lo que se emplean agregados polvorientos, puede resultar con fallas de adhesión debido a la imposibilidad del ligante a penetrar a través de la capa de polvo.

2.2.6.2 ADHESIÓN EN PRESENCIA DE AGUA

Los problemas con el agua se originan de dos maneras: Primero, debido a que los agregados han estado húmedos antes de mezclarlos y segundo, por efecto de la lluvia sobre los materiales, luego de que han sido mezclados y colocados.

Normalmente no es posible cubrir un agregado frío y húmedo, con un material bituminoso, por lo que es necesario quitar el agua por calentamiento de los agregados, en un horno secador. De esta forma la cobertura es favorecida, en primer lugar, porque la temperatura de los agregados disminuye la viscosidad del ligante, lo que posibilita el mezclado y en segundo lugar, porque en ausencia de humedad se logre una buena cobertura.

Mediante la utilización de ciertos compuestos químicos, es posible emplear agregados fríos y húmedos.

Sobre superficies lisas e impermeables, el agua de lluvia se elimina fácilmente.

Pero con materiales porosos, la eliminación del agua de lluvia resulta difícil. Cuando el contenido de vacíos es alto, como en la mayoría de los materiales de base, el agua filtrará fácilmente, y su eliminación también será fácil, pero en mezclas comúnmente usadas en capas de rodamiento, una acumulación importante de agua puede ocurrir. Esto se ve acentuado por el tránsito de vehículos, que circulan por zonas llegan a compactarse más que el resto de la calzada y formar una barrera impermeable al agua, la cual entra a la superficie por otros puntos.

Mucha de esta agua, puede escapar solamente por evaporación, lo cual es un proceso lento tratándose de materiales porosos.

2.2.7 PROCESO CONSTRUCTIVO DE UN TRATAMIENTO SUPERFICIAL

- i) Trazado, definición y preparación del área a tratar mediante marcas o líneas visibles, del área a tratar.
- ii) Limpieza de la superficie.
- iii) Aplicación del riego asfáltico según dosificación.
- iv) Riego de los áridos según dosificación.
- v) Rodillado o compactación neumática del tratamiento.
- vi) Barrido y remoción de los áridos excedentes.
- vii) Puesta en servicio con control de tránsito mediante un “vehículo - guía”.

Si el tratamiento es doble se deben repetir las operaciones iii), iv), v), vi), antes de vii), con las dosificaciones de la segunda aplicación.

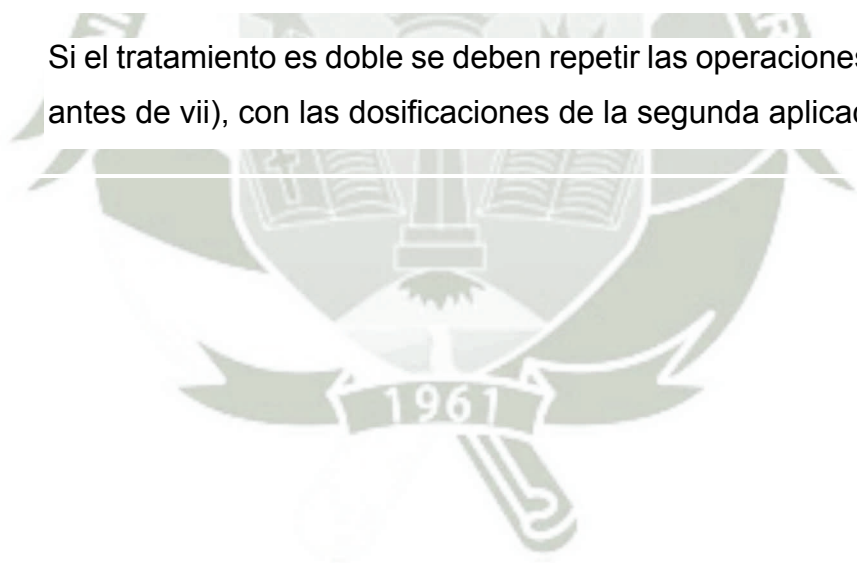


TABLA 2. 5. Proceso Constructivo de Tratamiento Superficial Simple y Tratamiento Superficial Doble

OPERACIÓN	MONOCAPA (BERMAS)	PRIMERA CAPA	SEGUNDA CAPA
BARRIDO	Escobas y Compresora de aire	Escobas y Compresora de aire	Escobas y Compresora de aire
RIEGO DERC - 250	Marcado de borde Riego de rc-250 a 0,29 gl/m2 a 0,02 Velocidad de riego - 220 m./min. Con Tanque Imprimador de 1800 gls. De Capacidad.	Marcado de Pista Riego de rc-250 a 0,435 gl/m2 a 0,02 Velocidad de riego - 153 m./min. Tanque Imprimador de 1800 gls. De Capacidad.	Marcado de Pista Riego de rc-250 a 0,290 gl/m2 a 0,02 Velocidad de riego - 220 m./min. Tanque Imprimador de 1800 gls. De Capacidad.
ESPARCIDO AGREGADOS PETREOS	Con esparcidora acoplada a volquete de 10m3 de cap. Resane con rodillo y escobas. Planchado con Rod. Liso de 8 ton. (2 pasadas) Compact. Con Rod. Neumático.	Con esparcidora (comp. Graduable) acoplada a volquete de 10m3 de cap. Resane con rodillo y escobas. Planchado con Rod. Liso de 8 ton. (2 pasadas) Compact. Con Rod. Neumático.	Con esparcidora (comp. Graduable) acoplada a volquete de 10m3 de cap. Resane con rodillo y escobas. Planchado con Rod. Liso de 8 ton. (1 pasada) Es opcional. Compact. Con Rod. Neumático.

Fuente: Manual de Especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras (EG – 2000)





FIGURA 2. 5. La figura muestra en forma esquématica las operaciones de la construcción de un tratamiento superficial simple. (KRAEMER, 2002)

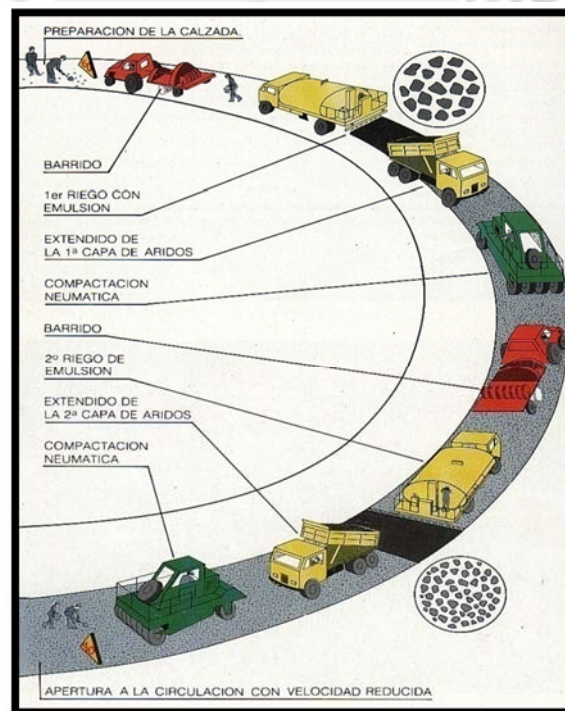


FIGURA 2. 6. La figura muestra en forma esquématica las operaciones de la construcción de un Tratamiento Superficial Doble. (KRAEMER, 2002)

2.2.8 EQUIPOS PARA EJECUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Los equipos empleados en la construcción de tratamientos de superficie tienen una importancia crucial en la calidad del producto final. Dichos equipos deben conservarse bien ajustados y en buena condición operativa utilizando mantenimiento rutinario e inspecciones frecuentes, orientadas a desgaste excesivo, roturas y calibración.

El éxito de la operación en general dependerá de:

- Estado de conservación de los equipos.
- Condiciones de ejecución.
- Competencia del personal.

2.2.8.1 ESCOBAS MECÁNICAS Y/O COMPRESORAS DE AIRE

Se utilizará una escoba mecánica para eliminar toda suciedad sobre la superficie a tratarse, antes de la aplicación de asfalto; y para remover las partículas de agregado sueltas, luego de completado el rodillado. Esta última operación deberá ejecutarse en el límite mínimo de potencia permitido por el equipo.

Las escobas mecánicas así como compresoras de aire se emplean también para remover las partículas sueltas luego de que el tratamiento ha sido completado. Es aconsejable, sobre un nuevo tratamiento de superficie, barrer o sopletear ligeramente durante los periodos más frescos del día para impedir que el agregado ruede.

2.2.8.2 TANQUE IMPRIMADOR

De la maquinaria utilizada en la construcción de tratamientos de superficie, el distribuidor de asfalto es la pieza más importante.

Se utiliza para aplicar uniformemente el ligante bituminoso sobre la superficie en la cantidad especificada.

El distribuidor consiste de un tanque aislado montado sobre un camión o sobre un camión con controles adecuados para regular la tasa de aplicación del asfalto.

El tanque poseerá algún sistema de calentamiento para mantener el asfalto a la temperatura de aplicación requerida. En su parte posterior, el tanque llevará un sistema de barra de esparcido y boquillas a través del cual el asfalto es forzado a salir bajo presión sobre la superficie del camino. La barra de esparcido deberá cubrir un ancho entre 1.80 y 9.00 m. utilizando toda la barra o partes de esta en la medida de lo necesario.

El tanque distribuidor deberá tener una capacidad entre 800 y 5,500 galones y un sistema de circulación que incluya a la barra de esparcido para impedir la solidificación del asfalto dentro de ella.

Dos ajustes extremadamente importantes son el ángulo de las boquillas y la altura de la barra de riego. El ángulo de la abertura de las boquillas y la altura de la barra de riego. El ángulo de la abertura de las boquillas debe ajustarse de modo que los chorros no interfieran entre sí.

El problema más común encontrado en el esparcido del asfalto se caracteriza por la producción de áreas alternadas longitudinales cortas con excesivo insuficiente cantidad de asfalto. Este problema es causado por una o unas combinaciones de las siguientes condiciones: boquillas taponeadas, presión de bombeo inadecuada, interferencia de boquillas adyacentes, o altura inadecuada de la barra de esparcido.

2.2.8.3 DISTRIBUIDOR DE AGREGADOS

Sigue en orden de importancia al distribuidor de asfalto, el distribuidor de agregados.

Se empleará cualquiera de los siguientes tipos de esparcidos de agregados para tratamientos bituminosos: Esparcidos de compuerta trasera que se conecta directamente a la compuerta trasera del camión

volquete; esparcidor mecánico que se conecta a la compuerta trasera del camión, y esparcidor autopropulsado mecánico que remolca al camión y aporta energía para la operación del esparcido independientemente del camión.

Cualquier tipo de esparcidor de agregados es aceptable siempre y cuando cumpla con los requerimientos técnicos del trabajo en general, y produzca un esparcido uniforme de agregados, en particular.

2.2.8.4 CAMIONES

Debe disponerse del suficiente número de camiones para asegurar que la construcción del tratamiento de superficie se desarrollará sin interrupción. Frecuentes detenciones y arranques pueden causar variaciones en la distribución del riego de asfalto, en la distribución unitaria de agregados, o ambos, y resultar en una superficie no uniforme. Escalonando los recorridos de los camiones, estos también pueden ser empleados para rodar sobre la superficie del tratamiento recién colocada, ayudando a empotrar a los agregados antes de que el rodillado regular comience.

2.2.8.5 COMPACTADORES

El rodillado incrusta los agregados dentro del ligante asfáltico, favoreciendo una mejor adherencia. Si la capa de agregados no está adecuadamente empotrada en la película asfáltica, parte de las partículas puede perderse debido a la abrasión del tránsito. Para tratamiento de superficie simple, los rodillos neumáticos dan mejores resultados. Los rodillos neumáticos fuerzan la penetración del agregado dentro del ligante asfáltico, sin triturar sus partículas.

El rodillado debe efectuarse inmediatamente luego del esparcido de agregados mientras el asfalto permanece en un estado líquido y semilíquido.

Los rodillos neumáticos deberán tener un ancho total de compactación no mayor de 60 pulgadas. El peso máximo de los mismos será

regulable dentro de un rango de 200 a 350 libras por pulgada de ancho de compactación. El peso a utilizarse para las operaciones de compactación será fijado por el Ingeniero Supervisor.

Los compactadores de ruedas de acero tienden a pasar por arriba de dichas depresiones y pueden fracturar a los agregados. Si la velocidad es demasiado alta, el rodillo puede desalojar al agregado.

2.2.9 FALLAS Y DEFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

Los principales defectos o fallas apreciables en los tratamientos suelen ser los siguientes:

2.2.9.1 PROYECCIÓN O DESPRENDIMIENTO INMEDIATO DE GRAVILLAS

Esto, producido a las pocas horas siguientes a la ejecución de un tratamiento, puede ser debido a la mala formulación del mismo o a falla de ejecución.

Mala formulación del tratamiento.

- Error en el tipo elegido (simple en lugar de un doble sobre carretera con elevado tránsito). (VIVAR, 1995)
- Error en la elección de los componentes (ligante y árido). Ligantes demasiado fluidos, viscosos, mala adhesividad ligante – árido, emulsión que quiebre demasiado lento.
- Errores en las dosificaciones o defectos de ligante, exceso de agregado.
- Empleo de un agregado sucio.(VIVAR, 1995)

Fallas de ejecución

- Realización de las obras bajo desfavorables condiciones atmosféricas, como por ejemplo: altas temperaturas y sobre carreteras con elevada intensidad de tránsito sin interrupción de este. (VIVAR, 1995)
- Ejecución de un tratamiento en condiciones de bajas temperaturas.

- Exceso de agregado.
- Distribución de agregados demasiado tarde. (VIVAR, 1995)
- Fallas de compactación, o compactación demasiado tarde.
- Riego del ligante a temperatura inadecuada (una temperatura demasiado elevada es tan nefasta como una temperatura baja; el ligante se pulveriza mal).

2.2.9.2 OTROS PROBLEMAS

En un tratamiento que parece bien ejecutado, se empiezan a apreciar defectos algún tiempo después de haber sido abierto al tránsito. Estos aparecen principalmente en los cambios de clima y causas pueden ser las siguientes:

Apertura prematura del tratamiento.

- Cabe hacer notar que de la misma manera que una circulación lenta, con su acción compactadora, puede ser beneficiosa para la correcta formación del mosaico, la circulación rápida, particularmente en verano, es nefasta para un revestimiento recién ejecutado. (VIVAR, 1995)

Proyección o desprendimiento de gravillas al comienzo de la estación fría.

- Subdosificación del ligante.
- Ligante residual demasiado duro, siendo frágil en tiempo frío.
- Realización tardía de la aplicación del agregado sobre la película ligante.
- Falta de adherencia entre el ligante y el agregado.

Desprendimiento de árido en invierno.

- La contaminación de los agregados con materiales arcillosos pueden ocasionar desprendimiento. En efecto, un riego efectuado en verano sin problemas, se verá afectado por las primeras lluvias al actuar sobre la arcilla oculta e interpuesta entre el árido y el

ligante, destruyéndose el tratamiento bajo la acción combinada del tránsito y el agua.

Desprendimiento de árido en verano.

Se produce principalmente si el ligante residual es demasiado fluido.

Mosaico irregular (desprendimientos)

- Este fenómeno ocurrir, en el caso de emplear barra de riego de múltiples difusores.

Exudaciones.

En condiciones de clima cálido y bajo los efectos de la circulación, principalmente tránsito pesado, si el pavimento presenta un exceso de ligante, se producirá su reblandecimiento. En esta condición los áridos del tratamiento, tenderán a penetrar el pavimento originando el ascenso del ligante.

2.3 ASFALTO EN CALIENTE

2.3.1 GENERALIDADES

Consiste en la colocación de una capa asfáltica bituminosa fabricada en caliente y, construida sobre una superficie debidamente preparada e imprimada, de acuerdo con la presente especificación.

Las mezclas bituminosas para empleo en pavimentación en caliente se compondrán de agregados minerales gruesos, finos, filler mineral y material bituminoso.

Las mezclas asfálticas que se especifican en esta sección corresponden a dos tipos:

- a. Mezcla Asfáltica Normal (MAC)
- b. Mezcla Superpave Nivel 1

Constituye el tipo más generalizado de mezcla asfáltica y se define como mezcla asfáltica en caliente la combinación de un ligante hidrocarbonado, agregados incluyendo el polvo mineral y, eventualmente, aditivos, de manera que todas las partículas del agregado queden muy bien recubiertas por una película homogénea de ligante. Su proceso de fabricación implica calentar el ligante y los agregados (excepto, eventualmente, el polvo mineral de Aportación) y su puesta en obra debe realizarse a una temperatura muy superior a la ambiente.

Se emplean tanto en la construcción de carreteras, como de vías urbanas y aeropuertos, y se utilizan tanto para capas de rodadura como para capas inferiores de los firmes. Existen a su vez subtipos dentro de esta familia de mezclas con diferentes características. Se fabrican con asfaltos aunque en ocasiones se recurre al empleo de asfaltos modificados, las proporciones pueden variar desde el 3% al 6% de asfalto en volumen de agregados pétreos

2.3.2 CLASIFICACIÓN DE ASFALTO EN CALIENTE

2.3.2.1 Mezcla Asfáltica Normal (MAC)

La gradación de la mezcla asfáltica normal (MAC) deberá responder a alguno de los siguientes husos granulométricos.



TABLA 2. 6. Gradación de la mezcla asfáltica normal (MAC)

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° 4)	43 – 54	51 - 68	65 - 87
2,00 mm (N° 10)	29 – 45	38 - 52	43 - 61
425 mm (N° 40)	14 – 25	17- 28	16 - 29
180 mm (N° 80)	8 - 17.	8 - 17.	9 - 19.
75 mm (N° 200)	4 - 8.	4 - 8.	5 - 10.

Fuente: Manual de Especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras (EG – 2000)

2.3.2.2 Mezcla Superpave

El tipo de asfalto a utilizar en estas mezclas, debe ser según clasificación Superpave - Shrp, AASHTO, MP-1.

2.3.3 FUNCIONES DEL ASFALTO EN CALIENTE

- Prolongar la vida útil del pavimento y reducir el costo de mantenimiento.
- Mejorar confiabilidad de la sección del Pavimento.
- Obtener un pavimento menos sensible a las variaciones climáticas y a las cargas de tránsito.

2.3.4 VENTAJAS DEL ASFALTO EN CALIENTE

Dentro de las ventajas más comunes de las mezclas asfálticas en caliente se encuentran:

- Rápida instalación.
- Rápida apertura al tránsito.
- Solución de gran adaptabilidad a los requerimientos, debido a:

- Utilización de diferentes espesores.
- Utilización de diferentes tipos de mezcla.
- Adaptabilidad de los equipos de colocación.
- Gran rendimiento de colocación.
- Mejor funcionalidad.
- Bajo costo.
- Mejor confort.
- Pavimento continuo (sin juntas).

2.3.5 TIPOS DE MATERIALES

Se denominará agregado grueso la porción del agregado retenido en el tamiz de 4.75 mm (N° 4); agregado fino la porción comprendida entre los tamices de 4.75 mm y 75 mm (N° 4 y N° 200) y polvo mineral o llenante la que pase el tamiz de 75 mm (N° 200). (CÉSPEDES, 2001)

Los materiales a utilizar serán los que se especifican a continuación:

2.3.5.1 Agregados Minerales Gruesos

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 completa del asfalto.

Los agregados gruesos, deben cumplir con los siguientes requerimientos:

TABLA 2. 7. Requerimientos para los Agregados Gruesos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		< 3000	> 3000
Durabilidad (al Sulfato de Sodio)	MTC E 209	12% máx.	10% máx.
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)		18 máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	MTC E 221	10% máx.	10% máx.
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	MTC E 206	1.00%	Según Diseño
Adherencia	MTC E 519	95	

Fuente: Manual de Especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras. (EG – 2000)

2.3.5.2 Agregados minerales finos

El agregado fino estará constituido por arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural.

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 del asfalto. (CÉSPEDES, 2001)

Deberá cumplir con los requerimientos de la siguiente tabla:

TABLA 2. 8. Requerimientos para los Agregados Finos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		< 3000	> 3000
Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E 220	4% mín.	6% mín.
Índice de Plasticidad (malla N°40)	MTC E 111	NP	NP
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N°200)	MTC E 111	Max 4	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	MTC E 205	0.50%	Según Diseño

Fuente: Manual de Especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras. (EG – 2000).

TABLA 2. 9. Requerimientos para Equivalente de Arena

Tráfico en Ejes Equivalentes (millones)	Porcentaje de Equivalente Arena (mínimo)
≤ 3	45
> 3 – 30	50
> 30	55

Fuente: Manual de Especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras. (EG – 2000)

2.3.5.3 Filler o Polvo Mineral

El filler o relleno de origen mineral, que sea necesario emplear como relleno de vacíos, espesante del asfalto o como mejorador de adherencia al par agregado-asfalto, deberá poseer una naturaleza tal, que al aplicársele una capa del material asfáltico por utilizar en el trabajo, ésta no se desprenda por la acción del agua y del tránsito, podrá ser de preferencia cal hidratada, no plástica que deberá cumplir la norma AASHTO M-303.

De no ser cal, será polvo de roca.

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 el ensayo de sedimentación en tolueno, deberá encontrarse entre cinco y ocho décimas de gramo por centímetro cúbico ($0,5$ y $0,8$ g/cm³). (EG-2000)

El filler mineral podrá empacarse en bolsas o a granel, los vehículos que transporten este suministro deberán de disponer de lonas o cobertores adecuados, debidamente asegurados a su carrocería, que protejan al aditivo durante su transporte. (CÉSPEDES, 2001)

Si el suministro se realiza a granel, deberán emplearse camiones adecuados para tal fin, dotados de dispositivos mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Los silos de almacenamiento de filler suministrados a granel deberán estar completamente aislados contra la humedad y dispondrán de sistemas apropiados para su rápido llenado y vaciado.

2.3.5.4 Fuentes de Provisión o Canteras

Se llama cantera a la fuente de aprovisionamiento de suelos y rocas necesarios para la construcción de una obra. Dependiendo del tipo de material que se busque, puede ser: de suelos, de rocas o mixta. (VIVAR,1995)

Se evaluarán las canteras establecidas, el volumen total a extraer de cada cantera, así mismo estimar la superficie que será explotada y proceder al estacado de los límites. Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado y el sistema de almacenamiento, deberán garantizar el suministro de un producto de características uniformes.

Todos los trabajos de clasificación de agregados y en especial la separación de partículas de tamaño mayor que el máximo especificado para cada gradación, se deberán efectuar en el sitio de explotación o elaboración.

En los casos que el material proceda de lechos de río, el contratista deberá contar previamente al inicio de su explotación con los permisos respectivos. Así también, el material superficial removido debe ser almacenado para ser reutilizado posteriormente para la readecuación del área de préstamo. La explotación del material se realizará fuera del nivel del agua y sobre las playas del lecho, para evitar la remoción de material que generaría aumento en la turbiedad del agua.

La explotación de los materiales de río debe localizarse aguas abajo de los puentes y de captaciones para acueductos, considerando todo los detalles descritos en el Plan de Manejo Ambiental.

Si la explotación es dentro del cauce de río, esta no debe tener más de un 1.5 metros de profundidad, evitando hondonadas y cambios morfológicos del río. Esta labor debe realizarse en los sectores de playa más anchas utilizando toda la extensión de la misma. Paralelamente, se debe ir protegiendo las márgenes del río, a fin de evitar desbordes en épocas de creciente. (CORONADO, 2002)

Al concluir con la explotación de las canteras de río se debe efectuar la recomposición total del área afectada, no debiendo quedar hondonadas, que produzcan empozamientos del agua y por ende la creación de un medio que facilite la aparición de enfermedades transmisibles y que en épocas de crecidas puede ocasionar fuertes desviaciones de la corriente y crear erosión lateral de los taludes del cauce.

Se deberán establecer controles para la protección de taludes y humedecer el área de operación o patio de carga a fin de evitar la emisión de material particulado durante la explotación de materiales. Se aprovecharán los materiales de corte, si la calidad del material lo permite, para realizar rellenos o como fuentes de materiales constructivos. Esto evitará la necesidad de explotar nuevas canteras y disminuir los costos ambientales.

Los desechos de los cortes no podrán ser dispuestos a media ladera, ni arrojados a los cursos de agua; éstos deberán ser colocados en el lugar de disposición de materiales excedentes o reutilizados para la readecuación de la zona afectada. (CORONADO, 2002)

Se debe presentar un registro de control de las cantidades extraídas de la cantera al Supervisor para evitar la sobreexplotación. La extracción por sobre las cantidades máximas de explotación se realizará únicamente con la autorización del Supervisor.

El material no seleccionado para el empleo en la construcción de carreteras, deberá ser apilado convenientemente a fin de ser utilizado posteriormente en el nivelado del área.

El Supervisor deberá aprobar los yacimientos de los agregados, relleno mineral de aportación y cemento asfáltico, antes de procederse a la entrega de dichos materiales.

2.3.6. CONTROL DE CALIDAD

2.3.6.1 CONTROL DE CALIDAD DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS

- Las mezclas asfálticas están constituidas de agregados, relleno mineral si es necesario, y material asfáltico mezclados en caliente en una planta central, y colocados sobre una base debidamente preparada o un pavimento existente, de acuerdo con lo establecido en los documentos contractuales.
- Las mezclas asfálticas en caliente pueden ser producidas por un amplio rango de combinaciones de agregados, cada uno con sus características particulares adecuadas al diseño específico y a sus usos en la construcción.

2.3.6.2 CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL ASFÁLTICO

- El cemento asfáltico a utilizarse en las mezclas es generalmente de penetración 60-70, el tipo y grado del material asfáltico a utilizarse estará determinado en las especificaciones; el cemento asfáltico debe presentar un aspecto homogéneo, libre de agua y no formar espuma cuando es calentado a temperatura de 175°C.
- En caso de vías que serán sometidas a un tráfico liviano o mediano se permitirá el empleo de cementos asfálticos 85-100. Para vías o carriles especiales, donde se espera un tráfico muy pesado, se empleará cementos asfálticos mejorados.
- La clasificación del tráfico de acuerdo a la tabla está en función de la intensidad media diaria de vehículos pesados (IMDP) esperada por el carril de diseño en el momento de poner en funcionamiento la vía.

2.3.6.3 CONTROL DE CALIDAD DE LOS AGREGADOS

- Los agregados que se utilizarán para las mezclas de hormigón asfáltico en caliente estarán compuestos de partículas de material triturado, grava triturada, grava o material natural, arena, etc.
- Estos agregados deben cumplir con los requisitos de gradación que se indican en la norma.
- La granulometría será comprobada mediante el ensayo de análisis granulométrico, que se efectuará sobre muestras que se tomarán periódicamente de los acopios, de las tolvas de recepción en caliente y de la mezcla asfáltica preparadas.

2.3.6.4 CONTROL DE CALIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

- Las mezclas asfálticas a emplearse en las capas de rodadura para vías de tráfico pesado y muy pesado deberán cumplir que: la relación entre el porcentaje en peso del agregado pasante del tamiz N° 200, y el contenido de asfalto en porcentaje en peso del total de la mezcla (relación filler / betún), sea mayor o igual a 0.8 y no superior a 1.2.

2.3.7 TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE.

Con el propósito de evitar la alteración de las características de las mezclas asfálticas en caliente antes de su utilización en la obra, se tendrá cuidado en su transporte y almacenamiento, atendiendo los siguientes aspectos:

- 1.- La mezcla asfáltica puede ser almacenada por corto tiempo en tolvas metálicas sin orificios, con superficie interior lisa y limpia, pero teniendo en cuenta que la temperatura de la mezcla se reducirá rápidamente. No se permitirá el almacenamiento en pilas o montones, aun cuando estos se cubran con lona.

- Si se utilizan silos térmicamente aislados, la mezcla puede ser almacenada hasta por veinticuatro horas sin pérdidas de temperatura y calidad considerables.
- De requerirse largos periodos de almacenamiento, se utilizarán silos que incluyan sistemas de calentamiento que permitan mantener la temperatura de la mezcla, pero cuidando que no se presente sangrado u oxidación de la mezcla.

2.- La mezcla asfáltica en caliente se transportará en vehículos con caja metálica con superficie interior lisa, sin orificios y que esté siempre limpia y libre de residuos de mezcla asfáltica, para evitar que ésta se adhiera a la caja.

3.- Antes de cargar el vehículo de transporte, se limpiará su caja y se cubrirá la superficie interior de la misma con un lubricante para evitar que se le adhiera la mezcla, utilizando para ello una solución de agua y cal, agua jabonosa o algún producto comercial apropiado. En ningún caso se deben usar productos derivados del petróleo como el diesel, debido a problemas ambientales y posibles daños a la mezcla. Una vez hecho lo anterior, se levantará la caja para drenar el exceso de lubricante.

4.- El vehículo de transporte se llenará con varias descargas sucesivas de la mezcla para minimizar la segregación de los materiales pétreos, acomodándolas desde los extremos de la caja hacia su centro.

5.- Una vez cargado el vehículo de transporte, se cubrirá la mezcla asfáltica con una lona que la preserve del polvo, materias extrañas y de la pérdida de calor durante el trayecto.

6.- El tiempo de transporte está en función de la pérdida de temperatura de la mezcla, la que será tendida y compactada a las temperaturas mínimas determinadas en la norma, sin embargo, en el caso de mezclas asfálticas de granulometría abierta, el tiempo de transporte será menor de uno coma cinco (1,5) horas, para evitar el

sangrado del cemento asfáltico.

7.- La temperatura de fabricación de la mezcla no deberá incrementarse para que al final de su transporte tenga la temperatura adecuada para el tendido y compactación.

8.- En el caso de mezclas asfálticas de granulometría abierta, se considerará además lo siguiente:

- No serán transportadas por caminos sin pavimentar.
- Se manejarán de tal forma que el contenido de cemento asfáltico en la parte superior e inferior de la mezcla en el camión o almacenamiento, esté dentro de las tolerancias establecidas.

2.3.8 CAUSAS DE UN PAVIMENTO DEFECTUOSO

- **AGRIETAMIENTO.**

- Mezcla muy caliente o muy fría.
- Exceso de filler.
- Excesivo apisonamiento con rodillo cuando hay desplazamiento en la base.
- Viraje demasiado abrupto del rodillo.
- Equipo de compactación inadecuado.

- **DESGARRAMIENTO.**

- Por falta de finos.
- Mezcla con escaso betún.
- Incorrecta proporción entre el espesor de la capa y el tamaño de los agregados.
- Mezcla demasiado fría.
- Mal estado o mal ajuste del compactador en la terminadora.

- **SUPERFICIE ONDULADA.**
 - Fluctuaciones en la temperatura de la mezcla.
 - Incorrecta compactación con rodillo.
 - El camión demasiado frenado.
 - Retroceso demasiado abrupto del rodillo.
 - Excesivo control de la muestra.
 - Sobrecarga de los tornillos espaciadores.
 - Diferencia marcada de espesores en una misma capa.

- **SEGREGACIÓN.**
 - Deficiente alimentación de materiales fríos en la planta asfáltica.
 - Incorrecta forma de cargar el camión.
 - Acumulación de materiales en los lados de la tolva de la terminadora.

2.3.9 PROCESO CONSTRUCTIVO PARA MEZCLAS EN CALIENTE

2.3.9.1 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE.

Las mezclas obtenidas en la instalación pueden aplicarse sobre cualquier base estable. En superficies no tratadas la base deberá imprimarse. Cuando se aplica la mezcla sobre una superficie pavimentada debe aplicarse un riego de adherencia cuyo fin es cerrar pequeñas grietas de la antigua superficie y enlace con la nueva superficie. (MENENDEZ, 2007)

2.3.9.2 ELABORACIÓN DE LA MEZCLA

Los agregados se suministrarán fraccionados. El número de fracciones deberá ser tal que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias exigidas en la granulometría de la mezcla. Cada fracción será suficientemente homogénea y deberá poderse acopiar y manejar sin peligro de segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro, los agregados se acopiarán por separado, hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando se autorice el cambio de procedencia de un agregado.(MENENDEZ, 2007)

La carga de las tolvas en frío se realizará de forma que éstas contengan entre el cincuenta por ciento (50%) y el cien por ciento (100%) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones.

Las aberturas de salida de las tolvas en frío se regularán en forma tal, que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de obra de la alimentación en frío. El caudal total de esta mezcla en frío se regulará de acuerdo con la producción prevista, no debiendo ser ni superior ni inferior, lo que permitirá mantener el nivel de llenado de las tolvas en caliente a la altura de calibración.

Los agregados preferentemente secos se calentarán antes de su mezcla con el asfalto. El secador se regulará de forma que la combustión sea completa, indicada por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea. Si el polvo recogido en los colectores cumple las condiciones exigidas al filler y su utilización está prevista, se podrá introducir en la mezcla; en caso contrario, deberá eliminarse. El tiro de aire en el secador se deberá regular de forma adecuada, para que la cantidad y la granulometría del filler recuperado sean uniformes. La dosificación del filler de recuperación y/o el de aporte se hará de manera independiente de los agregados y entre sí.

En las plantas que no sean del tipo tambor secador-mezclador, deberá comprobarse que la unidad clasificadora en caliente proporcione a las tolvas en caliente agregados homogéneos; en caso contrario, se tomarán las medidas necesarias para corregir la heterogeneidad. Las tolvas en caliente de las plantas continuas

deberán mantenerse por encima de su nivel mínimo de calibración, sin rebosar.

Los agregados preparados como se ha indicado anteriormente, y eventualmente el llenante mineral seco, se pesarán o medirán exactamente y se transportarán al mezclador en las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo.

Si la instalación de fabricación de la mezcla es de tipo continuo, se introducirá en el mezclador al mismo tiempo, la cantidad de asfalto requerida, a la temperatura apropiada, manteniendo la compuerta de salida a la altura que proporcione el tiempo teórico de mezcla especificado. La tolva de descarga se abrirá intermitentemente para evitar segregaciones en la caída de la mezcla a la volqueta.

Si la instalación es de tipo discontinuo, después de haber introducido en el mezclador los agregados y el llenante, se agregará automáticamente el material bituminoso calculado para cada baceada, el cual deberá encontrarse a la temperatura adecuada y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

En ningún caso se introducirá en el mezclador el agregado caliente a una temperatura superior en más de cinco grados Celsius (5°C) a la temperatura del asfalto.

El cemento asfáltico se preparara en mezcladores de ejes gemelos, el volumen de materiales no será tan grande que sobrepase los extremos de las paletas, cuando éstas se encuentren en posición vertical, siendo recomendable que no superen los dos tercios ($2/3$) de su altura.

A la descarga del mezclador, todos los tamaños del agregado deberán estar uniformemente distribuidos en la mezcla y sus partículas total y homogéneamente cubiertas. La temperatura de la

mezcla al salir del mezclador no excederá de la fijada durante la definición de la fórmula de trabajo.

Se rechazarán todas las mezclas heterogéneas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma, o las que presenten indicios de humedad. En este último caso, se retirarán los agregados de las correspondientes tolvas en caliente. También se rechazarán aquellas mezclas en las que la envuelta no sea perfecta. (MENENDEZ, 2007)

2.3.9.3 TRANSPORTE



FIGURA 2. 7. Transporte de mezcla (KRAEMER, 2002)

Una vez confeccionadas las mezclas en la planta estas deberán transportarse a los lugares de colocación en camiones tolva convenientemente preparados para ese objeto. Las condiciones de la mezcla a la salida del mezclador y a la llegada a su punto de empleo deben ser iguales.

2.3.9.4 COLOCACIÓN DE LA MEZCLA.



FIGURA 2. 8. Colocación de mezcla asfáltica. (KRAEMER, 2002)

La superficie deberá estar seca o ligeramente húmeda. La temperatura de la mezcla no deberá ser inferior a 110°C al comienzo y 85°C al término del proceso.(KRAEMER, 2002)

Para la distribución de la mezcla usualmente se emplea una terminadora.

Se recomienda una terminadora para extender capas de nivelación de mezclas en caliente o en frío y eventualmente una motoniveladora. Las mezclas en frío deben extenderse y compactarse en varias capas.

Las mezclas deberán extenderse sobre superficies secas y previamente imprimadas. Sólo deberán colocarse y compactarse mezclas cuando la temperatura ambiental sea de por lo menos 10°C, sin bruma ni lluvia.

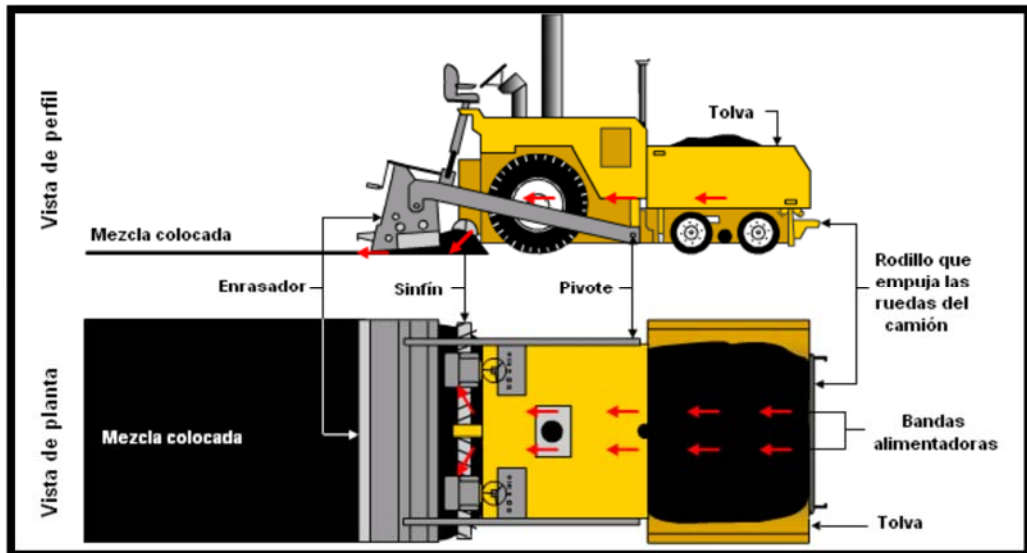


FIGURA 2. 9. Extensión mecánica de la muestra. (KRAEMER, 2002)

2.3.9.5 COMPACTACION DE LA MEZCLA

La compactación suele iniciarse utilizando rodillo tándem de dos ruedas de acero, sobre las orillas exteriores de la capa recién tendida para ir luego apisonando hacia el centro del camino.

Durante la compactación las ruedas de las apisonadoras deberán mantenerse húmedas para evitar que se adhieran al material. Tras de haberse hecho las correcciones que fuesen necesarias después del apisonado inicial, se procede a dar pasadas con el rodillo neumático. Cuando se pavimenta una sola franja esta debe apisonarse de la siguiente forma:



FIGURA 2. 10. Apisonamiento. (KRAEMER, 2002)

Juntas transversales:

Las juntas deben comprobarse con regla para asegurar su regularidad y alineación. En la junta debe emplearse un exceso de material, compactándola, descansando sobre la superficie previamente terminada y apoyando unos 15 cm de una rueda sobre la mezcla recién extendida.

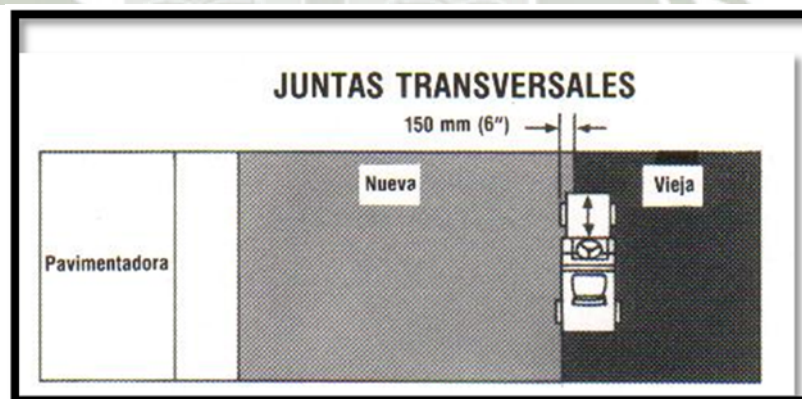


FIGURA 2. 11. Juntas transversales. (KREAMER, 2002)

Juntas Longitudinales:

Las juntas longitudinales deben compactarse inmediatamente después de la extensión del material. La primera franja extendida

debe tener el perfil longitudinal y transversal necesarios y tener su borde cortado verticalmente.

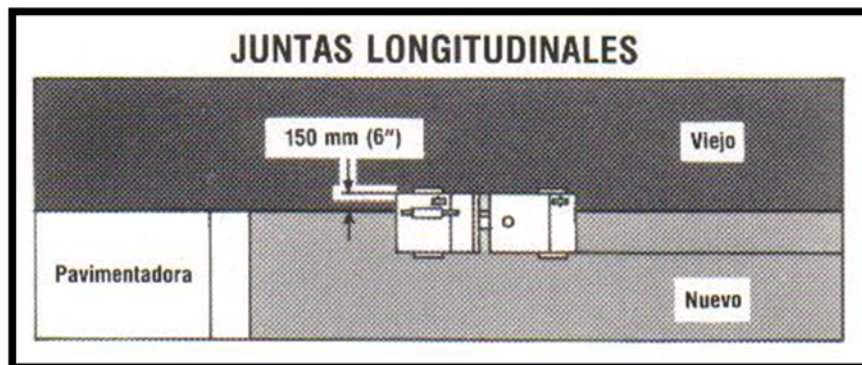


FIGURA 2. 12. Juntas longitudinales. (KRAEMER, 2002)

Compactación inicial: La compactación inicial debe seguir inmediatamente al de las juntas longitudinales y bordes. Los rodillos deben trabajar lo más cerca de la terminadora para obtener la densidad adecuada sin causar un desplazamiento indebido.

Segunda Compactación: Para la segunda compactación se considera preferible los rodillos neumáticos, que deben seguir a la compactación inicial tan de cerca como sea posible y mientras la mezcla está aún a una temperatura que permita alcanzar la máxima densidad. (KRAEMER, 2002).



FIGURA 2. 13. Compactación. (KRAEMER, 2002)

Compactación Final: La compactación final debe realizarse con rodillos tandem de dos ruedas o tres, mientras que el material es aun suficientemente trabajable para permitir suprimir las huellas de los rodillos.



FIGURA 2. 14. Compactación Final (KRAEMER, 2002)

La cantidad, peso y tipo de rodillos que se empleen deberán ser el adecuado para alcanzar la compactación requerida dentro del lapso de tiempo durante el cual la mezcla es trabajable.

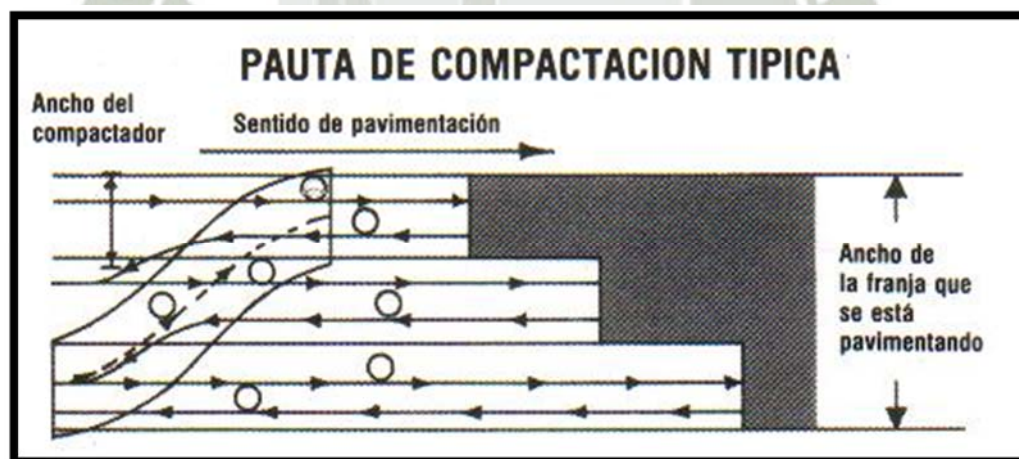


FIGURA 2. 15. Compactación Típica. (CRESPO, 2011)

2.3.9.6 CONTROLES

Una vez terminada la colocación de la mezcla se procede al control de las siguientes características:

- **Densidad**

Las determinaciones de densidad de la capa compactada se realizarán en una proporción de cuando menos una por cada doscientos cincuenta metros cuadrados (250 m^2) y los tramos por aprobar se definirán sobre la base de un mínimo de seis determinaciones de densidad.

La densidad media del tramo (D_m) deberá ser, cuando menos, el noventa y ocho por ciento (98%) de la media obtenida al compactar en el laboratorio con la técnica Marshall, las cuatro probetas por jornada de trabajo (D_e). (EG-2000)

$$D_m \geq 0,98 D_e \dots\dots\dots \text{ec. (1)}$$

Además, la densidad de cada testigo individual (D_i) deberá ser mayor o igual al noventa y siete por ciento (97%) de la densidad media de los testigos del tramo (D_m).

$$D_i \geq 0,97 D_m \dots\dots\dots \text{ec. (2)}$$

- **Espesor**

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

$$e_m \geq e_d \dots\dots\dots \text{ec. (3)}$$

- **Lisura**

La superficie acabada no podrá presentar zonas de acumulación de agua, ni irregularidades mayores de cinco milímetros (5 mm) en capas de rodadura o diez milímetros (10 mm) en capas de base y bacheos, cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m) colocada tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía,

en los sitios que escoja el Supervisor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente. (MENENDEZ, 2007)

- **Rugosidad**

Para la determinación de la rugosidad podrán utilizarse métodos topográficos, rugosímetros, perfilómetros o cualquier otro método aprobado por el Supervisor.

La medición de la rugosidad sobre la superficie de rodadura terminada, deberá efectuarse en toda su longitud y debe involucrar ambas huellas por tramos de 5 km, en los cuales las obras estén concluidas, registrando mediciones parciales para cada kilómetro. La rugosidad, en términos IRI, tendrá un valor máximo de 2,0 m/km. En el evento de no satisfacer este requerimiento, deberá revisarse los equipos y procedimientos de esparcido y compactado, a fin de tomar las medidas correctivas que conduzcan a un mejoramiento del acabado de la superficie de rodadura. (EG-2000)

2.3.10 EQUIPOS PARA LA EJECUCIÓN DE ASFALTO EN CALIENTE

Se deberá considerar lo siguiente:

a. Equipo para la elaboración de los agregados triturados

La planta de trituración constará de una trituradora primaria y una secundaria obligatoriamente. Una terciaria siempre y cuando se requiera. Se deberá incluir también una clasificadora y un equipo de lavado. Además deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental.

b. Planta mezcladora

La mezcla de concreto asfáltico se fabricará en plantas adecuadas de tipo continuo o discontinuo, capaces de manejar

simultáneamente en frío el número de agregados que exija la fórmula de trabajo adoptada.

Las plantas productoras de mezcla asfáltica deberán cumplir con lo establecido en la reglamentación vigente sobre protección y control de calidad del aire.

Las tolvas de agregados en frío deberán tener paredes resistentes y estar provistas de dispositivos de salida que puedan ser ajustados exactamente y mantenidos en cualquier posición. El número mínimo de tolvas será función del número de fracciones de agregados por emplear y deberá tener aprobación del Supervisor.

En las plantas del tipo tambor secador-mezclador, el sistema de dosificación de agregados en frío deberá ser ponderal y tener en cuenta su humedad para corregir la dosificación en función de ella. En los demás tipos de plantas se aceptarán sistemas de dosificación de tipo volumétrico.

La planta estará dotada de un secador que permita el secado correcto de los agregados y su calentamiento a la temperatura adecuada para la fabricación de la mezcla. El sistema de extracción de polvo deberá evitar su emisión a la atmósfera o el vertido de lodos a cauces de agua o instalaciones sanitarias.

Las plantas que no sean del tipo tambor secador-mezclador, estarán dotadas, así mismo, de un sistema de clasificación de los agregados en caliente, de capacidad adecuada a la producción del mezclador, en un número de fracciones no inferior a tres y de tolvas de almacenamiento de las mismas, cuyas paredes serán resistentes y de altura suficiente para evitar Inter. Contaminaciones. Dichas tolvas en caliente estarán dotadas de un rebosadero, para evitar que el exceso de contenido se vierta en las contiguas o afecte el funcionamiento del sistema de clasificación; de un dispositivo de alarma,

claramente perceptible por el operador, que avise cuando el nivel de la tolva baje del que proporcione el caudal calibrado y de un dispositivo para la toma de muestras de las fracciones almacenadas. (MENENDEZ, 2007)

La instalación deberá estar provista de indicadores de la temperatura de los agregados, situados a la salida del secador y en las tolvas en caliente.

El sistema de almacenamiento, calefacción y alimentación del asfalto deberá permitir su recirculación y su calentamiento a la temperatura de empleo.

En el calentamiento del asfalto se emplearán, preferentemente, serpentines de aceite o vapor, evitándose en todo caso el contacto del ligante con elementos metálicos de la caldera que estén a temperatura muy superior a la de almacenamiento. Todas las tuberías, bombas, tanques, etc., deberán estar provistos de dispositivos calefactores o aislamientos. La descarga de retorno del ligante a los tanques de almacenamiento será siempre sumergida. Se dispondrán termómetros en lugares convenientes, para asegurar el control de la temperatura del ligante, especialmente en la boca de salida de éste al mezclador y en la entrada del tanque de almacenamiento. El sistema de circulación deberá estar provisto de una toma para el muestreo y comprobación de la calibración del dispositivo de dosificación. (EG-2000)

En caso de que se incorporen aditivos a la mezcla, la instalación deberá poseer un sistema de dosificación exacta de los mismos. La instalación estará dotada de sistemas independientes de almacenamiento y alimentación del llenante de recuperación y adición, los cuales deberán estar protegidos contra la humedad.

Las instalaciones de tipo discontinuo deberán estar provistas de dispositivos de dosificación por peso cuya exactitud sea superior

al medio por ciento (0,5%). Los dispositivos de dosificación del llenante y ligante tendrán, como mínimo, una sensibilidad de medio kilogramo (0,5 kg). El ligante deberá ser distribuido uniformemente en el mezclador, y las válvulas que controlan su entrada no deberán permitir fugas ni goteos.

En las instalaciones de tipo continuo, las tolvas de agregados clasificados calientes deberán estar provistas de dispositivos de salida, que puedan ser ajustados exactamente y mantenidos en cualquier posición. Estos dispositivos deberán ser calibrados antes de iniciar la fabricación de cualquier tipo de mezcla, en condiciones reales de funcionamiento. (MENENDEZ, 2007)

El sistema dosificador del ligante deberá disponer de dispositivos para su calibración a la temperatura y presión de trabajo. En las plantas de mezcla continua, deberá estar sincronizado con la alimentación de los agregados pétreos y el llenante mineral.

En las plantas continuas con tambor secador-mezclador se deberá garantizar la difusión homogénea del asfalto y que ésta se realice de manera que no exista ningún riesgo de contacto con la llama ni de someter al ligante a temperaturas inadecuadas.

Si la planta posee tolva de almacenamiento de la mezcla elaborada, su capacidad deberá garantizar el flujo normal de los vehículos de transporte.

c. Equipo para el transporte

Tanto los agregados como las mezclas se transportarán en volquetes debidamente acondicionadas para tal fin. La forma y altura de la tolva será tal, que durante el vertido en la terminadora, el volquete sólo toque a ésta a través de los rodillos previstos para ello.

Los volquetes deberán estar siempre provistos de dispositivos que mantengan la temperatura, así como para proteger debidamente asegurado, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir emisiones contaminantes.

d. Equipo para la extensión de la mezcla

La extensión y terminación de las mezclas densas en caliente se hará con una pavimentadora autopropulsada, adecuada para extender y terminar la mezcla con un mínimo de precompactación de acuerdo con los anchos y espesores especificados. La pavimentadora estará equipada con un vibrador y un distribuidor de tornillo sinfín, de tipo reversible, capacitado para colocar la mezcla uniformemente por delante de los enrasadores. Poseerá un equipo de dirección adecuado y tendrá velocidades para retroceder y avanzar. La pavimentadora tendrá dispositivos mecánicos compensadores para obtener una superficie pareja y formar los bordes de la capa sin uso de formas. Será ajustable para lograr la sección transversal especificada del espesor de diseño u ordenada por el Supervisor.

Asimismo, deberá poseer sensores electrónicos para garantizar la homogeneidad de los espesores.

Si se determina que el equipo deja huellas en la superficie de la capa, áreas defectuosas u otras irregularidades objetables que no sean fácilmente corregibles durante la construcción, se exigirá su inmediata reparación o cambio.

Cuando la mezcla se realice en planta portátil, la misma planta realizará su extensión sobre la superficie.

e. Equipo de compactación

Se deberán utilizar rodillos autopropulsados de cilindros metálicos, estáticos o vibratorios, triciclos o tándem y de

neumáticos. Para Vías de Primer orden los rodillos lisos se restringen los denominados tipos tandem, no permitiéndose el uso de los que poseen dos llantas traseras neumáticas. Para otros tipos de vías se aconseja el uso de equipos tándem, mas no restringe exclusivamente a éste.

Los compactadores de rodillos no deberán presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios dispondrán de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Además, deberán poseer controladores de vibración y de frecuencia independientes. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslape de las huellas delanteras y traseras y, en caso necesario, faldones de lona protectora contra el enfriamiento de los neumáticos. Las presiones lineales estáticas o dinámicas, y las presiones de contacto de los diversos compactadores, serán las necesarias para conseguir la compactación adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor, pero sin producir roturas del agregado ni arrollamiento de la mezcla a las temperaturas de compactación. (MENENDEZ, 2007)

f. Equipo accesorio

Estará constituido por elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica. Así mismo, se requieren herramientas menores para efectuar correcciones localizadas durante la extensión de la mezcla.

Al término de obra se desmontarán las plantas de asfalto, dejando el área limpia y sin que signifique cambio alguno al paisaje o comprometa el medio ambiente.

2.4 DETERIOROS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

El deterioro del pavimento es un proceso progresivo que comienza inmediatamente después de su construcción. La tasa y tipo de deterioro que experimenta un pavimento depende de la intensidad en que se manifiesten las solicitaciones (tránsito y clima) y de una serie de otros factores que actúan en muy diversas combinaciones, entre los cuales, los más importantes son: calidad del diseño original, calidad de los materiales y especificaciones técnicas, calidad del proceso constructivo y calidad del control de proceso. (ARIAS, 2010)

Los deterioros más importantes que afectan a los pavimentos flexibles durante su vida útil, se clasifican en los grupos siguientes:

- Fisuras y Grietas: Dentro de esta categoría se encuentran las grietas por fatiga del material sometido a cargas reiteradas, conocidas también como “piel de cocodrilo”; las grietas en bloque que se producen por diferenciales térmicos; las grietas de borde que se originan exclusivamente cuando las bermas no son pavimentadas; grietas longitudinales y transversales y las grietas de reflexión que se producen en carpetas asfálticas que refuerzan un pavimento de hormigón o asfalto.
- Parches y baches: Dentro de esta categoría se consideran los parches de refuerzo que se encuentran deteriorados y los baches formados por desprendimiento de mezcla asfáltica o capa de tratamiento.
- Deformación superficial: La deformación en la superficie se produce por el hundimiento longitudinal que coincide con la huella y/o por ondulaciones en el perfil longitudinal.
- Defectos de superficie: Los defectos superficiales se pueden manifestar por exudaciones, pérdida de áridos y pérdida generalizada de la parte más superficial de la carpeta, conocido como desgaste.
- Otros deterioros: Dentro de otros deterioros, se consideran los afloramientos de agua y finos y descensos de bermas con respecto al borde externo del pavimento.

2.4.1 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

Los tipos de deterioros detectados en pavimentos, conjuntamente con la abundancia y los grados de severidad, definen las operaciones de mantenimiento que corresponde ejecutar, con el fin de conseguir un aumento en la capacidad de servicio y vida útil del pavimento.

Ante esto, es necesario realizar un programa de seguimiento que permita prevenir deterioros con suficiente antelación como para dar tiempo a actuar en forma preventiva, sin tener que esperar que la falla alcance un nivel que obligue a la reposición o reconstrucción como única alternativa.

Si las fallas están afectando la condición funcional se harán operaciones de conservación; en caso de que la falla afecte la condición estructural, se optara por operaciones de rehabilitación o refuerzo.



CAPÍTULO III

3. RECONOCIMIENTO DE LA ZONA EN ESTUDIO

Los Distritos de la Provincia de Yunguyo y el Distrito de Pomata de la Provincia de Chucuito, Juli; se encuentran en pobreza y extrema pobreza, actualmente carecen la falta de algunos servicios, entre ellos se tiene la actual vía asfaltada panamericana sur tramo Chacachaca – Yunguyo – Kasani de una longitud de 22+635 Km que se encuentra deteriorado la carpeta asfáltica en algunos tramos de dicha vía.

Rehabilitación de la carretera Chacachaca – Yunguyo – Kasani comprende desde el Centro Poblado de Chacachaca hasta la Localidad fronteriza de Kasani.

El tramo de la carretera Chacachaca – Kasani está comprendido de acuerdo al DS 044-2008-MTC en la Rutas de la Red Vial Nacional como la Red Vial Departamental.

El presente estudio surge como una respuesta a solucionar el deterioro paulatino de infraestructura vial Chacachaca – Yunguyo - Kasani, debido a que en la actualidad no existe un plan de mantenimiento de parte de las instituciones y población usuaria razón por lo cual existe tramos que han colapsado inclusive la base de 0.10 m.

Antes de proceder a reconocer el terreno, se procura obtener la mejor información, consultando los mapas y planos de la región, los estudios anteriores y en general todas las fuentes capaces de suministrar datos útiles. Para facilitar la lectura de los planos y mapas haremos algunas consideraciones de carácter general acerca de la configuración del terreno, cuyos accidentes, si bien variados, guardan entre sí cierta dependencia que permite prevenir, aún

en mapas deficientes, la posición probable de las rutas por reconocer y la de los puntos por estudiar.

3.1 CARACTERÍSTICAS LOCALES

3.1.1 GEOMORFOLOGÍA

Regionalmente el área de estudios se encuentra dentro de la unidad geomorfológica de la Cuenca del Titicaca, conocida como la “Meseta del Collao”, localmente abarca parte de la puna Altiplánica, está caracterizada por planicies y de colinas de pendientes suaves.

Según LAUBACHER G. (1978). Describe tres sub-unidades geomorfológicamente en la Región Altiplánica:

- Puna Altiplánica Occidental
- Depresión central del Lago Titicaca
- Sinclinorio de Putina

Estas sub-unidades guardan un alineamiento estructural NO-SE, siguiendo el alineamiento andino.

El área de estudio forma parte de la Depresión Central del Lago Titicaca y parte de la Puna altiplánica.

La depresión central del Lago Titicaca es una enorme depresión de origen tectónico, esta depresión esta rellena con depósitos lacustres y aluviales. Estos depósitos están por encima del nivel actual del Lago Titicaca.

La Puna Altiplánica Occidental y oriental que se localiza en alrededor del Lago Titicaca se caracteriza por presentar altas mesetas volcánicas y presencia de valles altiplánicas de origen Fluvioglaciario, las altitudes van desde 3825 m. a 4800 m.

Al pie de las colinas se destaca la presencia de conos de deyección y depósito de material de piedemonte con coberturas aluviales.

Entre las principales unidades geomorfológicas que presenta la zona de estudio.

a) Planicie.

Esta unidad geomorfológica se caracteriza por presentar depósitos de Formación Azángaro y el cuaternario aluvial. Donde el material que constituye es típicamente aluvial conformado por capas superficiales de arenas limosas con intercalaciones de arcillas

b) Laderas.

Son formaciones geomorfológicas que presentan pendientes suaves con pequeñas ondulaciones.



FOTO 3. 1. Laderas muy suaves en la zona de sector Chatuma.

c) Pampas

Las geoformas más importante por ser la más estudiada tanto en superficie como en profundidad, realizando las calicatas. En el tramo existente, el desplazamiento de la carretera está ubicado en zona pampa desde inicio hasta el final del tramo, el terreno de fundación están constituidos por sedimentos cuaternario compuestos de arenas limosas, la estructura del pavimento existente actualmente se encuentra en estado de deterioro como se observa en la fotografía.



FOTO 3. 2. Forma de pampa por donde se emplaza la carretera, con presencia de fallas estructurales en el pavimento.

3.1.2 POBLACION

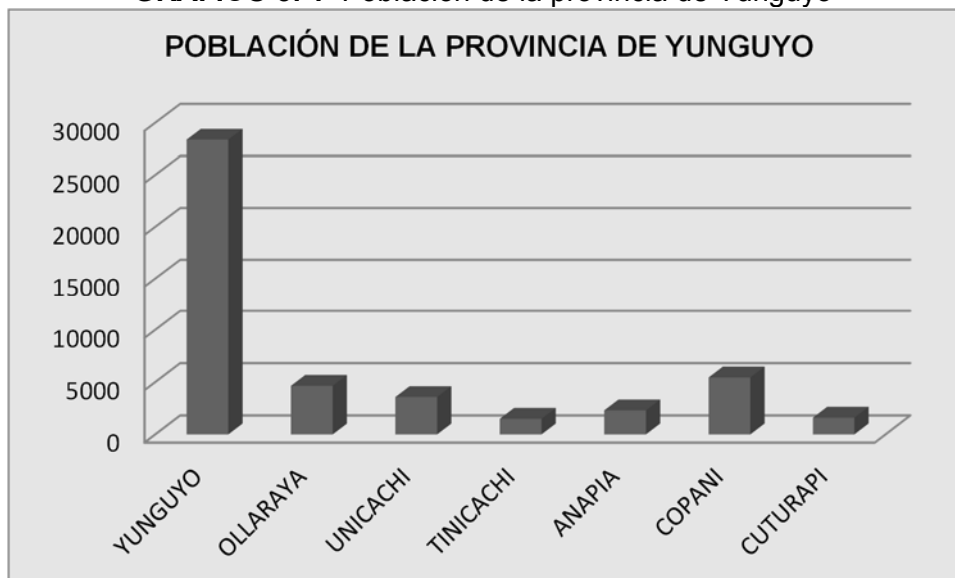
La población beneficiaria son todos los distritos de la provincia de Yunguyo directo e indirectamente, más las comunidades del distrito de Pomata de la provincia de Chucuito- Juli.

TABLA 3. 1. Población total, por área urbana y rural, y sexo

DISTRITOS	TOTAL	POBLACIÓN		TOTAL	POBLACIÓN	
		HOMBRES	MUJERES		URBANA	RURAL
YUNGUYO	28367	13843	14524	28367	11934	16433
OLLARAYA	4644	2315	2329	4644	409	4235
UNICACHI	3571	1809	1762	3571	1292	2279
TINICACHI	1490	746	744	1490	982	508
ANAPIA	2294	1180	1114	2294	1533	761
COPANI	5436	2668	2768	5436	545	4891
CUTURAPI	1598	760	838	1598	648	950
TOTAL PROVINCIAL	47,400	23,321	24,079	47,400	17,343	30,057
Dpto. de PUNO	1,268,441	633,332	635,109	1,268,441	629,891	638,550

Fuente: Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda

GRAFICO 3. 1 Población de la provincia de Yunguyo



Fuente: Elaboración propia.

Además de la población de la Provincia de Yunguyo se tiene información importante a nivel de la región de Puno, es la afluencia tanto de turistas nacionales como extranjeros, que a lo largo del año visitan las provincias y conocen sus fiestas costumbristas y cultura se muestra en el siguiente cuadro.

TABLA 3. 2. Arribo de Turistas Nacionales y Extranjeros por años

AÑOS	ARRIBOS		TOTAL
	NACIONALES	EXTRANJEROS	
1998	51,716	75,660	127,376
1999	54,123	83,545	137,668
2000	56,418	87,153	143,571
2001	49,031	78,721	127,752
2002	58,597	94,760	153,357
2003	65,325	108,828	174,153
2004	65,520	122,163	187,683

Fuente: Dirección de Turismo DIRCETUR - Puno

3.1.3 TEMPERATURA

Se reconoce en la zona un clima frígido de alta montaña, en estrecha relación con la configuración del relieve:

Clima frío boreal-seco en invierno con temperatura media superior a 10°C, e inferior a 20°C bajo cero.

El clima que caracteriza a las cuencas en estudio es propio de la meseta altiplánica, destacando las bajas temperaturas y las precipitaciones en forma sólida (nieve).

Las mayores precipitaciones se presenta entre Enero y Abril y las menores entre Junio y Setiembre. Estas últimas coinciden con la presencia estacional en la atmósfera del altiplano, de masa de aire superior que se caracterizan por ser frías, secas y estable originando un periodo de cielos despejados, donde las nubes son escasas y no alcanzan gran desarrollo vertical. Este fenómeno hace que la incidencia de radiación solar sobre la superficie sea alta, provocando también una alta evaporación, la cual es más acentuada en las cercanías de las lagunas o lago Titicaca.

En general hay dos estaciones principales, las cuales son modificadas, por la topografía, dando un “Clima Cordillerano” y un “Clima Altiplánica”, se puede ver que el altiplano tiene un periodo frío entre Mayo y Agosto, este último es particularmente un mes con mucho viento. Las temperaturas máximas se dan entre Octubre y Marzo, coincidiendo es estos meses con las máximas precipitaciones.

El clima Cordillerano puede ser subdividido en dos tipos: de Puna y de Valle. El clima de Puna Alta tiene un régimen de estaciones similares al altiplano, teniendo los meses más fríos entre Mayo y Setiembre con temperaturas que descienden hasta 10°C bajo cero. Durante el transcurso del estudio, se registró una temperatura mínima de 22°C bajo cero. Las precipitaciones máximas se dan entre setiembre y Marzo y entre Abril y agosto se registra la menor Pluviosidad. El clima de valle o zonas de Lago Titicaca son mejoras que de Puna alta, con temperaturas promedio de 13°C. y la mínimas.

CAPÍTULO IV

4. ESTUDIO DE TRAZO Y TRÁFICO

4.1 ESTUDIO DE TRAZO

Es realizado de acuerdo al levantamiento topográfico realizado y con sus características geométricas los cuales sumados a la determinación del estado de conservación y el tipo de tránsito vehicular, nos permiten definir el trazado definitivo y proponer la geometría de la vía.

4.1.1 UBICACIÓN DE LA CARRETERA

4.1.1.1 UBICACIÓN DEL GEOGRÁFICA

La provincia peruana de Yunguyo es una de las trece provincias que conforman el Departamento de Puno, bajo la administración del Gobierno regional de Puno. Limita al norte con Bolivia, al este y al oeste con el Lago Titicaca y al sur con la provincia de Chucuito.

El tramo en estudio materia del presente informe se encuentra ubicada políticamente:

Departamento	: Puno
Provincia	: Yunguyo
Distritos	: Ollaraya, Unicachi, Tinicachi, Anapia, Copani y Cuturapi.

La provincia de Yunguyo geográficamente se encuentra entre los paralelos:

TABLA 4. 1. Ubicación Geográfica de Yunguyo

UBICACIÓN GEOGRÁFICA	
LATITUD SUR	16° 14' 33"
LONGITUD OESTE	69° 14' 33"
ALTITUD	3826 m.s.n.m

Fuente: Municipalidad provincial de Yunguyo

TABLA 4. 2. Ubicación Geográfica de los distritos

DISTRITOS	UBICACIÓN	
	Latitud Sur	Longitud Oeste
Yunguyo	16° 14' 21"	69° 05' 27"
Anapia	16° 18' 20"	68° 51' 03"
Copani	16° 23' 45"	69° 02' 18"
Cuturapi	16° 16' 40"	69° 10' 24"
Ollaraya	16° 12' 51"	68° 59' 39"
Unicachi	16° 11' 40"	69° 57' 40"
Tinicachi	16° 13' 18"	69° 58' 03"

Fuente: INEI Compendio Estadístico 1993-1994

4.1.1.2 UBICACIÓN DEL TRAMO

El tramo carretero atraviesa geográficamente dentro del distrito provincia de Yunguyo– Región Puno, Inicio del tramo Km. 00+000 se ubica en el centro Poblado de Chacachaca, y el final del tramo en la Frontera con Bolivia Kasani Km 22+635.

Siguiendo la Ruta de la carretera encontramos: Chaca-Chaca, C.P Ticaraya y Ampatiri, C.P Chatuma, C.P Chimbo, San Juan de Cuturapi, C.P Queñuani, C.P Acari, C.P Imicate, Yunguyo y Kasani.

ANEXO 4.1.1) PLANO 1 PLANO DE UBICACIÓN



FOTO 4. 1. Inicio del tramo Km 0+000 en Chacachaca .



FOTO 4. 2. Fin del tramo Km. 22+635 Localidad de Kasani, frontera con la República de Bolivia.





FIGURA 4. 1. Mapa de ubicación del tramo





FIGURA 4. 2. Tramo de la carretera

4.1.1.3 ACCESIBILIDAD

Al tramo en estudio se llega desde Puno por:

TABLA 4. 3. Vías de acceso a la zona de estudio

DESTINO		KM.	Tiempo	Tipo de vía
Puno	Chacachaca	128	105 min.	Asfaltada
Chacachaca	Yunguyo	20	15 min.	Asfaltada en deterioro

Fuente: Elaboración propia.

Es accesible por una vía Pavimentada:

La ruta desde Puno lo constituye la vía Puno – Ilave – Juli – Pomata – Desvío Chacachaca Yunguyo, la cual se encuentra a nivel asfaltada cuya vía corresponde a la carretera Panamericana Sur hasta desvío Chacachaca, luego constituye carretera hacia la frontera con Bolivia Yunguyo-Copacabana.

4.1.2 CONDICIONES FÍSICAS DE LA CARRETERA

a. TOPOGRAFÍA

Conociendo la clase de controles que en el estudio de una carretera influyen, se observa que la ubicación y la importancia de éstos, harán posible alejar o acercar el trazo estos puntos. De esta manera los controles van a restringir el trazo de la vía a una zona que permitirá que la vía sirva eficientemente a toda una región.

Los trabajos de topografía, tienen por finalidad el de hacer participar de medios materiales, humanos y de organización para efectos de lograr los planos de secciones, perfil y planta de la infraestructura

b. CLIMATOLOGÍA

El clima en la zona media es frío, templado húmedo. En la zona alta y cordillera predomina un clima frío intenso y seco, presentando condiciones micro climáticas muy favorables para el desarrollo de la actividad agrícola semi intensiva y actividad pecuaria complementaria.

c. ECOLOGÍA DE LA ZONA

Las zonas de vida, se ha determinado mediante el Método de sistema de clasificación del Dr. Leslie R. Holdridge, en base a las características de temperatura, precipitación y evapotranspiración potencial, cuyos valores son:

- Precipitación media anual: 845.5 mm/año
- Temperatura media anual: 7.7°C
- Evapotranspiración potencial: 1350 mm/año (aproximado).

4.1.3 ESTADO ACTUAL DE LA CARRETERA

Actualmente existe un deficiente nivel de serviciabilidad el mismo que perjudica el tránsito fluido de carga y pasajeros en el tramo Chacachaca – Yunguyo – Kasani. El camino existente se encuentra en mal estado, sin la superficie de rodadura adecuada.

La falta de mantenimiento deterioro de la calzada ha provocado que el flujo de transporte disminuya considerablemente en los tiempos de avenidas por la crecida de los riachuelos existentes.

ANEXO 4.1.3 ANÁLISIS DE FALLAS

4.1.4 METODOLOGÍA DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA CARRETERA

El estudio de topografía es la primera actividad principal que se ha iniciado, en este sentido se ha completado el uso de equipos de topografía con las precisiones adecuadas, para la obtención de la información necesaria la que se ha complementado monumentación para precisar la ubicación dentro del sistemas UTM. (DG 2001-2011)

Se utilizó equipos de topografía como son GPS y estaciones totales que garantizan la precisión de los trabajos dentro de los rangos permisibles.

Los trabajos de trazo y topografía han sido desarrollados considerando lo establecido en los términos de referencia donde se exige que el estudio debe mantener el alineamiento actual de la carretera existente y en la medida posible el ancho actual.

TRABAJOS TOPOGRÁFICOS:

Los trabajos de Topografía y Georeferenciación comprenden los siguientes aspectos:

a) Georeferenciación:

La Georeferenciación se hará estableciendo puntos de control geográfico mediante coordenadas UTM con una equidistancia aproximada de 10 Km. ubicados a lo largo de la carretera. Los puntos seleccionados estarán en lugares cercanos y accesibles que no sean afectados por las obras o por el tráfico vehicular y peatonal. Los puntos serán monumentados en concreto con una placa de bronce en su parte superior en el que se definirá el punto por la intersección de dos líneas. Las placas de bronce tendrán una leyenda que permita reconocer el punto. Estos puntos servirán de base para todo el trabajo topográfico y a ellos estarán referidos los puntos de control y los del replanteo de la vial. (CÁRDENAS, 2002)

b) Puntos de Control

Los puntos de control horizontal y vertical que puedan ser afectados por las obras deben ser reubicados en áreas en que no sean disturbadas por las operaciones constructivas. Se deberán establecer las coordenadas y elevaciones para los puntos reubicados antes que los puntos iniciales sean disturbados. El ajuste de los trabajos topográficos será efectuado con relación a dos puntos de control geográfico contiguos, ubicados a no más de 10 km. (DG 2001-2011)

c) Sección Transversal

Las secciones transversales del terreno natural deberán ser referidas aleje de la carretera. El espaciamiento entre secciones no deberá ser mayor de 20 m en tramos en tangente y de 10 m en tramos de curvas con radios inferiores a 100 m. En caso de quiebres en la topografía se tomarán secciones adicionales en los puntos de quiebre.

Se tomarán puntos de la sección transversal con la suficiente extensión para que puedan detallarse los taludes de corte y

relleno y las obras de drenaje hasta los límites que se requieran. Las secciones además deben extenderse lo suficiente para evidenciar la presencia de edificaciones, cultivos, línea férrea, canales, etc. Que por estar cercanas al trazo de la vida podría ser afectada por las obras de carretera, así como por el desagüe de las alcantarillas.

d) Estacas de Talud y Referencias

Se deberán establecer estacas de talud de corte y relleno en los bordes de cada sección transversal. Las estacas de talud establecen en el campo el punto de intersección de los taludes de la sección transversal del diseño de la carretera con la traza del terreno natural. Las estacas de talud deben ser ubicadas fuera de los límites de la limpieza del terreno y en dichas estacas se inscribirán las referencias de cada punto e información del talud a construir conjuntamente con los datos de medición. (CÁRDENAS, 2002)

e) Límites de Limpieza y Roce

Los límites para los trabajos de limpieza y roce deben ser establecidos en ambos lados de la línea del eje en cada sección de la carretera, durante el replanteo previo a la construcción del camino.

f) Restablecimiento de la línea del eje

Para la construcción del camino a línea del eje será restablecida partir de los puntos de control. El espaciamiento entre puntos del eje no debe exceder de 20 m en tangente y de 10 m en curvas de radio menor a 100 m.

El estacado debe ser restablecido cuantas veces sea necesario para la ejecución década etapa de la obra, para lo cual se deben resguardar los puntos de referencia. (CÁRDENAS, 2002)

g) Elementos de Drenaje

Los elementos de drenaje deberán ser estacados para fijarlos a

las condiciones del terreno.

Se deberá considerar lo siguiente:

- Definir perfil del terreno a lo largo del eje de la estructura de drenaje que permita apreciar el terreno natural, la línea de flujo, la sección de la carretera y el elemento de drenaje.
- Ubicación de los puntos, de ubicación de los elementos de ingreso y salida de la estructura.
- Determinar y definirlos puntos que sean necesarios para determinar la longitud de los elementos de drenaje y del tratamiento de sus ingresos y salidas.

h) Canteras

Se debe establecer los trabajos topográficos esenciales referenciados en coordenadas UTM de las canteras de préstamo. Se debe colocar una línea de base referenciada, límites de la cantera y los límites de limpieza. También se deberán efectuar secciones transversales de toda el área de la cantera referida a la línea de base. Estas secciones deberán ser tomadas antes del inicio de la limpieza y explotación y después de concluida la obra y cuando hayan sido cumplidas las disposiciones de conservación del medioambiente. (CÁRDENAS, 2002)

i) Monumentación

Todos los hitos y monumentación permanente que se coloquen durante la ejecución de la vía deberán ser materia de levantamiento topográfico y referenciación.

j) Levantamientos misceláneos

Se deberán efectuar levantamientos, estacado y obtención de datos esenciales para el replanteo, ubicación, control y medición de los siguientes elementos

- Zonas de depósitos de desperdicios.

- Vías que se aproximan a la carretera.
- Cunetas de coronación.
- Zanjas de drenaje. Y cualquier elemento que esté relacionado a la construcción y funcionamiento de la carretera.

TRABAJO DE GABINETE

Cálculo de la Poligonal. Concluido el trabajo de campo y con los datos obtenidos en él se procederá a calcular lo siguiente:

1. Cálculo de los azimuts de los lados.
2. Cálculo de las proyecciones de los lados.
3. Cálculo de las proyecciones compensadas.
4. Cálculo de las coordenadas de las estaciones.
5. Cálculo de las cotas de las estaciones.

Dibujo. Dibujo de planos, utilizando el programa Autocad.

SISTEMA DE REFERENCIA

El sistema de referencia será único, y todos los trabajos topográficos necesarios para este estudio estarán referidos a ese sistema. El sistema de referencia será plano, triortogonal, dos de sus ejes representan un plano horizontal (un eje en la dirección NOR OESTE (según la cuadrícula UTM) sobre el cual se proyectan ortogonalmente todos los detalles del terreno, ya sea naturales o artificiales, y el tercer eje corresponde a elevación, cuya representación del terreno se hará tanto por curvas de nivel, como por perfiles y secciones transversales.(CÁRDENAS, 2002)

Por lo tanto, el sistema de coordenadas del levantamiento no es el U.T.M., sino un sistema de coordenadas planas ligado, en vértices de coordenadas U.T.M.

Para efectos de la Georeferenciación debe tenerse en cuenta que el Perú está ubicado en las zonas 17, 18, 19 y en las Bandas M, L, K según la designación UTM. El elipsoide utilizado es el World Geodetic System 1984 (WGS-84) el cual es prácticamente idéntico al sistema geodésico de 1980 (GRS80), y que es definido por los siguientes parámetros:

TABLA 4. 4. Parámetros de Georeferenciación

Velocidad angular de la tierra	w	$7\ 292\ 115 \times 10^{-11}$ rad/seg
Constante gravitacional terrestre	GM	$3\ 986\ 005 \times 10^8$ m ³ /seg ²
Coefficiente armónico zonal de 2° grado de geopotencial.	J ₂	$C_{2.0} = 484.16685 \times 10^{-6}$

Fuente: Elaboración propia

SISTEMA DE UNIDADES

En todos los trabajos topográficos se aplicará el sistema métrico decimal.

Las medidas angulares se expresarán en grados, minutos y segundos sexagesimales.

Las medidas de longitud se expresarán en kilómetros (km); metros (m); centímetros (cm) ó milímetros (mm), según corresponda.(CÁRDENAS, 2002)

4.1.4.1 MONUMENTACIÓN DE PUNTOS DE INFLEXIÓN (PIS)

La monumentación de PIs no se pudo realizar por motivos de que los puntos de inflexión se encuentran ubicados dentro de la Carpeta Asfáltica existente, por tal motivo se ha procedido a ubicar y pintar en la misma carpeta asfáltica, el pintado con pintura de color Rojo y dentro de una figura.

TABLA 4. 5. Puntos de Inflexión (Pis)

N° PI	NORTE	ESTE
0	81 95605.16	472140.49
1	8195571.19	472172.18
2	8195564.74	472258.81
3	8197058.61	473501.92
4	8198197.13	474550.71
5	8198852.93	475657.52
6	8199536.13	476090.51
7	8201024.62	477875.52
8	8201639.83	481537.17
9	8202561.74	484978.07
10	8203595.73	489424.11
11	8204726.58	490102.38
12	8206145.75	489766.18

Fuente: Elaboración propia

Aprovechando la presencia de rocas sedimentadas de gran tamaño y en diferentes monumentos ya establecidos e inmovibles, se procedió a ubicar y pintar los respectivas BMs (Bench Marks) a cada 500.00 m. en las respectivas rocas y monumentos existentes, el Pintado se hizo con Pintura Roja o Blanca. Para verificar el trabajo se muestran imágenes y se visualiza cuadro de ubicación de BMs.

TABLA 4. 6. Ubicación de BMs

	Lado	Distancia	Progresiva	Cota	Descripción
0	Derecho	8.23	00+020.00	3840.458	Sobre Piedra
1	Derecho	9.60	00+485.00	3841.006	Sobre Piedra
2	Derecho	13.90	01+005.00	3840.080	Sobre Piedra
3	Derecho	4.90	01+483.00	3841.099	Sobre Alcantarilla
4	Derecho	7.20	01+993.00	3842.074	Sobre Piedra
5	Derecho	7.00	02+485.00	3842.982	Sobre Piedra
6	Derecho	6.20	03+028.00	3846.065	Sobre Piedra
7	Derecho	6.00	03+495.00	3847.000	Sobre Piedra
8	Derecho	5.50	04+021.00	3849.753	Sobre Piedra
9	Derecho	5.60	04+520.00	3849.408	Sobre Piedra
10	Izquierdo	7.30	04+977.50	3849.109	Sobre Piedra
11	Derecho	4.60	05+480.00	3847.973	Sobre Piedra
12	Derecho	6.30	05+991.00	3845.520	Sobre Piedra
13	Derecho	9.20	06+490.00	3851.161	Sobre Piedra
14	Derecho	19.60	07+004.00	3848.723	Sobre Piedra
15	Derecho	6.60	07+497.00	3851.639	Sobre Piedra
16	Derecho	5.60	08+003.00	3874.213	Nicho de Concreto
17	Derecho	5.50	08+497.00	3851.994	Sobre Piedra
18	Derecho	5.50	08+998.00	3849.174	Sobre Piedra
19	Derecho	7.20	09+495.00	3851.881	Sobre Piedra
20	Derecho	5.50	09+989.00	3855.427	Sobre Piedra
21	Derecho	4.80	10+497.00	3856.060	Sobre Cuneta
22	Derecho	6.30	10+990.00	3857.804	Sobre Esquina de Terreno
23	Derecho	5.50	11+512.00	3858.314	Sobre Piedra
24	Derecho	5.00	12+000.00	3867.255	Sobre Cuneta
25	Derecho	5.00	12+505.00	3852.001	Sobre Cuneta
26	Derecho	5.20	13+005.00	3849.201	Sobre Cuneta
27	Derecho	7.10	13+480.00	3847.372	Sobre Sardinél
28	Derecho	11.80	13+982.00	3847.273	Sobre Piedra de casa
29	Derecho	5.16	14+503.00	3851.193	Sobre Piedra
30	Derecho	5.00	15+002.00	3854.161	Sobre Piedra
31	Derecho	5.12	15+504.00	3850.140	Sobre Piedra
32	Derecho	14.80	16+018.00	3842.791	Sobre Hito Telefónica
33	Izquierdo	5.50	16+507.00	3845.677	Sobre Concreto de Poste
34	Izquierdo	5.60	17+015.00	3844.588	Sobre Piedra
35	Derecho	10.70	17+509.00	3844.410	Sobre Buzón
36	Derecho	5.90	17+997.00	3843.095	Sobre Buzón
37	Derecho	4.30	18+507.00	3844.594	Sobre Piedra
38	Derecho	7.15	19+009.00	3843.329	Sobre Piedra
39	Izquierdo	7.20	19+500.00	3842.781	Sobre Sardinél de Grifo
40	Derecho	7.00	20+007.00	3840.552	Sobre Piedra
41	Derecho	9.97	20+520.00	3841.684	Sobre Esquina de Coliseo
42	Izquierdo	6.30	21+024.00	3842.109	Sobre Piedra
43	Derecho	5.10	21+500.00	3844.339	Sobre Piedra
44	Izquierdo	10.12	22+012.00	3854.432	Sobre Piedra
45	Izquierdo	4.78	22+502.00	3871.832	Sobre Sardinél

Fuente: Elaboración propia

La Carretera Asfaltada ChacaChaca – Yunguyo - Kasani comprende una longitud de 22+635.00 Km., La carretera asfaltada discurren sobre terrenos de topografía plana por lo que la geometría del eje ha sido diseñada adaptándose a la topografía del terreno.

Los radios mínimos, calculados bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento transversal del vehículo están dados en función a la velocidad directriz, a la fricción transversal, al peralte máximo aceptable y al vehículo de diseño.

En el alineamiento horizontal desarrollado para una velocidad directriz determinada, debe evitarse, el empleo de curvas con radio mínimo. En general se deberá tratar de usar curvas de radio amplio, reservándose el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas.

Deberá buscarse un alineamiento horizontal homogéneo, en el cual tangentes y curvas se suceden armónicamente. Se restringirá en lo posible el empleo de tangentes excesivamente larga, con el fin de evitar el encandilamiento nocturno prolongado, y la fatiga de los conductores durante el día.

Al término de tangentes largas, donde es muy probable que las velocidades de aproximación de los vehículos sean mayores que la velocidad directriz, las curvas horizontales tendrán radios de curvatura razonablemente amplios.

Deberá evitarse pasar bruscamente de una zona de curvas de grandes radios a otra de radios marcadamente menores. Deberá pasarse en forma gradual, intercalando entre una zona y otra, curvas de radio de valor decreciente, antes de alcanzar el radio mínimo

Para materializar el eje se ha tratado de aprovechar la plataforma existente, El eje ha sido pintado cada 20 mts. En las zonas en tangente, en las curvas horizontales cada 10 mts. , en curvas de volteo cada 5 mts. y a distancias menores cuando las inflexiones del terreno o la ubicación de obras de arte así lo requieren.

A efectos de referenciar las progresivas en el terreno se ha utilizado el mismo asfalto, pintándolas con pintura esmalte la escritura de la progresiva de color rojo o blanco.

Los primeros PIs. Han sido monumentados y pintados donde corresponden para el posterior replanteo según el cuadro de elementos de curva, las que han sido convenientemente empotradas en el terreno y pintadas de color rojo en la parte superior.

El plano topográfico es la representación gráfica del terreno, de sus accidentes, del sistema hidrográfico, y de las instalaciones y edificaciones existentes, puestas por el hombre. (CÁRDENAS, 2002)

Los planos de planta vienen siendo dibujados a escala de 1:2,000 siguiendo las instrucciones contenidas en las Normas Peruanas para el Diseño de Carreteras en el referido plano se muestra, igualmente, el Cuadro de Elementos de Curva, con los datos del radio, tangente, longitud de curva, externa, kilometrajes de los P.I, P.C. y P.T., coordenadas etc.

4.1.5 TRAZADO EN PLANTA

Con la finalidad de rehabilitar la carretera existente a menor costo, se ha replanteado el eje por el centro de la vía. El alineamiento horizontal deberá permitir la operación sin interrupción de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad directriz en la mayor longitud de camino que sea posible. El trazado en planta se compondrá de la adecuada combinación de rectas o tangentes y curvas ya sea circular o de transición.

4.1.6 SECCIONES TRANSVERSALES

La sección transversal de una carretera, es un corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman el camino en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural. (CÁRDENAS, 2002)

Para obtener la sección existente, en campo se ha efectuado el levantamiento respectivo en cada estaca a 20.0 m. a cada lado del eje;

para fines de movimiento de materiales, tener información del relieve y tipo del suelo y particularidades de la explanación y pavimento. Luego de haber sido procesada la información de campo, y aplicado el diseño geométrico respectivo se obtuvieron los planos a escala 1:200, que se adjuntan al presente trabajo.

4.1.6.1 DISEÑO DE SECCIÓN TRANSVERSAL

Para lograr los objetivos del estudio sin descuidar las especificaciones técnicas y la economía, en el diseño de la vía se ha tomado en cuenta como documentos de referencia, las Normas Peruanas para el diseño en caminos.

En el Cuadro se indica los valores apropiados del ancho mínimo de la calzada en tramos rectos para cada velocidad directriz en relación al tráfico previsto y a la importancia de la carretera.

TABLA 4. 7. Ancho mínimo de la calzada según velocidad directriz

Tráfico IMDA	16 á 50		51 á 100		101 á 200	
Velocidad Km/h		*		*		*
50	5.5	5.5	5.5	6	5.5	6.6
60	6	6	6	6.6	6	6.6

* Carreteras con predominio de tráfico pesado

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2001

En los tramos en recta la sección transversal de la calzada presentará inclinaciones transversales (bombeo) desde el centro hacia cada uno de los bordes, para facilitar el drenaje superficial y evitar el empozamiento del agua.

Las carreteras pavimentadas estarán provistas de bombeo con valores entre 1.5% y 3%. En los tramos en curva, el bombeo será sustituido por el peralte. (CÁRDENAS, 2002)

La sección de la carretera asfaltada en gran parte de su recorrido (90%), por las características topográficas han sido construidas a nivel del terreno natural; actualmente presentan un ancho promedio de 6.2 mts.

a. Taludes

Los taludes de corte de los caminos varían según la naturaleza del material; así se pueden observar los siguientes taludes:

Material Suelto	3	1
Roca Suelta	4	1
Roca Fija	10	1

Los taludes de relleno varían entre 1:1.5 y 1:1, según se trate de rellenos con tierra suelta.

b. Perfil Longitudinal Existente y Propuesto

En terreno plano la rasante sigue las inflexiones del terreno

El perfil longitudinal del estudio, corresponde al perfil del eje de simetría de la sección transversal de la plataforma, su levantamiento se realizó mediante la nivelación de todas las estacas del eje con el equipo sofisticado Estación Total, ubicando BMs de control cada 500 mts. Los B.Ms. de control han sido pintados en roca fija. La ubicación de los B.Ms. se indica claramente en los planos del estudio.

c. Pendientes

La pendiente del camino en zonas de topografía Plana varía de 0.08 a 6.0% y siguiendo las sinuosidades del terreno.

4.1.7 UBICACIÓN DE OBRAS DE ARTE

TABLA 4. 8. Ubicación de Obras de Arte

N°	PROGRESIVA	DESCRIPCIÓN	N°	PROGRESIVA	DESCRIPCIÓN
1	00+230.00	Pontón	24	11+324.00	Pontón
2	00+370.00	Alcantarilla	25	11+500.00	Pontón
3	00+610.00	Alcantarilla	26	12+860.00	Pontón
4	00+785.00	Alcantarilla	27	13+155.00	Pontón
5	01+160.00	Alcantarilla	28	13+480.00	Alcantarilla
6	01+322.00	Alcantarilla	29	13+660.00	Alcantarilla
7	01+495.00	Pontón	30	14+100.00	Puente
8	01+760.00	Alcantarilla	31	14+316.00	Alcantarilla
9	02+270.00	Alcantarilla	32	14+700.00	Alcantarilla
10	02+472.00	Alcantarilla	33	15+475.00	Pontón
11	04+940.00	Pontón	34	15+937.00	Pontón
12	05+405.00	Alcantarilla	35	17+055.00	Alcantarilla
13	05+970.00	Alcantarilla	36	17+835.00	Alcantarilla
14	06+190.00	Alcantarilla	37	18+341.00	Alcantarilla
15	06+575.00	Puente	38	18+503.00	Pontón
16	07+010.00	Alcantarilla	39	19+730.00	Pase de Canal
17	08+490.00	Alcantarilla	40	20+020.00	Alcantarilla
18	08+865.00	Puente	41	20+632.00	Alcantarilla
19	09+400.00	Alcantarilla	42	20+782.00	Alcantarilla
20	09+875.00	Pontón	43	21 + 160.00	Alcantarilla
21	10+098.00	Alcantarilla	44	21+695.00	Pontón
22	10+340.00	Pontón	45	22+030.00	Alcantarilla
23	10+870.00	Alcantarilla	46	22+315.00	Pontón

Fuente: Elaboración propia

De este tramo Chacachaca – Yunguyo - Kasani se bifurcan algunas trochas carrozables, carreteras afirmado y asfaltados, los más representativos son: carretera a Yunguyo, Desvío para: Llaquepa, Chatuma, Ticaraya, Playa Chatuma, Chimbo, Distrito Cuturapi, C.P Queñuani, y otros.

En el tramo Chacachaca - Yunguyo - Kasani, se encontraron diversas curvas los mismos son amplias con radios mayores a 80 m sin problema alguno radios acordes al reglamento.

TABLA 4. 9. Curvas de la Carretera “Chacachaca – Yunguyo – Kasani”

PL	SENT	DELTA	RADIO	TANG	L.C.	EXT.	PL.	PC.	P.T.	NORTE	ESTE	P%	SA
0	I	180°00'00"	0	0	0	0	0+ 000.0	0+ 0000	0+ 000.0	8195605	472140	0	0
1	I	42°43'40"	80	31.294	59.66	5.90	0+ 046.4	0+ 0151	0+ 074.8	8195571	472172	6	0.9
2	I	54°23'50"	100	51.39	94.94	12.43	0+ 030.4	0+ 079.0	0+173.9	8195565	472259	5	0.8
3	D	3°00'00"	2000	52.372	104.72	0.69	2+ 066.0	2+ 013.6	2+ 118.3	8197059	473502	0	0.8
4	D	16°42'10"	466	68.409	135.85	4.99	3+ 6139	3+ 5455	3+ 681.3	8198197	474551	2	0.3
5	I	26°59'20"	600	43.99	282.63	17.04	4+ 8994	4+755.5	5+ 038.1	8198853	475658	2	0.2
6	D	18°02'50"	720	114.34	226.79	9.02	5+ 703.0	5+ 588.6	5+ 815.4	8199536	476091	2	0.2
7	D	30°26'00"	400	108.8	21247	1453	8+ 25.3	7+ 916.5	8+ 128.9	8201025	477876	2	0.3
a	I	5°29'30"	2200	105.51	21087	2.53	11+ 733.1	11+ 627.6	11+ 838.-1	820164C	481537	0	0.1
9	D	2°04'00"	2000	36.074	72.14	0.33	295.2	15+ 259.1	15+ 331.3	8202562	484978	0	0.1
10	I	45°54'50"	105	44.477	84.14	9.03	19+ 859.9	19+ 815.4	19+ 899.6	8203596	489424	5	0.7
11	I	44°17'00"	390	158.69	301.43	31.05	21+ 173.7	21+ 0150	21+ 316.5	8204727	490102	2	0.3
12	—	—	—	—	—	—	22+ 616.2	—	—	8206146	489766	2	0.3

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 4.1.7.a) PLANOS SECCIONES DE PLANTA

ANEXO 4.1.7.b) PLANOS PLANTA Y PERFIL

ANEXO 4.1.7.c) PLANOS UBICACIÓN OBRAS DE ARTE

4.1.8 TRAZO Y DISEÑO GEOMÉTRICO

Las características del diseño vial de la Carretera Chacachaca - Yunguyo - Kasani, se basan en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG-2000), Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001) y Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras aprobado por el MTC con Resolución Directoral. Para el trazo y diseño de la carretera asfalta a rehabilitar se ha se ha considerado las Normas Peruanas de carreteras y Caminos Rurales, además del estado actual del camino, sus tramos críticos y el tránsito vehicular actual y futuro.

En general, el alineamiento horizontal se mantiene dentro de la faja de la carretera existente, a fin de minimizar los impactos ambientales. El trazado en planta permite la continua transitabilidad de los vehículos y, dentro de

lo posible, los radios de curvatura son amplios para la velocidad de diseño elegida.

Los elementos que definen la geometría del camino son:

- La velocidad de diseño seleccionada.
- La distancia de visibilidades necesarias.
- La estabilidad de la plataforma del camino, de las superficies de rodadura, de los puentes, de las obras de arte y de los taludes
- La preservación del medio ambiente
- Vehículo de Diseño

En la aplicación de los requerimientos geométricos que imponen los elementos mencionados, se tiene como resultante el diseño final de un camino o carretera estable y protegida contra las inclemencias del clima y del tránsito.

Para el buen diseño de Carreteras se consideran claves las siguientes prácticas:



- Limitar al mínimo indispensable el ancho del camino para restringir el área alterada.
- Evitar la alteración de los patrones naturales de drenaje.
- Proporcionar drenaje superficial adecuado.
- Proporcionar adecuado drenaje de las capas del pavimento.
- Evitar terrenos escarpados con taludes de más de 60%.
- Evitar problemas tales como zonas inundadas o inestables.
- Mantener una distancia de separación adecuada con los riachuelos; y optimizar el número de cruces de cursos de agua.
- Minimizar el número de contactos entre el camino y las corrientes de agua.

- Diseñar los cruces de quebradas y ríos con la suficiente capacidad, con protección de las márgenes contra la erosión, y permitiendo, de ser el caso, el paso de peces en todas las etapas de su vida.
- Evitar la constricción del ancho activo de los riachuelos, ríos y cursos de agua (ancho con el caudal máximo).
- Conseguir una superficie de rodadura del camino estable y con materiales físicamente sanos.
- Instalar obras de subdrenaje donde se necesite, identificando los lugares activos durante la estación de lluvias.
- Reducir la erosión colocando cubiertas vegetales o físicas sobre el terreno en cortes, terraplenes, salidas de drenajes y cualquier zona expuesta a corrientes de agua.
- Usar ángulos de talud estables en cortes y rellenos.
- Usar medidas de estabilización de taludes, de estructuras y de obras de drenaje conforme se necesiten y sea económicamente seleccionada.
- Aplicar técnicas especiales al cruzar terrenos agrícolas, zonas ribereñas, y cuando se tienen que controlar las quebradas.
- Proporcionar un mantenimiento debidamente planeado y programado.
- Cerrar o poner fuera de servicio a los caminos cuando no se usen o cuando ya no se necesiten.



4.1.9 PARÁMETROS DE DISEÑO

a. Velocidad directriz (v):

La velocidad directriz, es la velocidad que se entiende será la máxima que se podrá mantener con seguridad sobre una sección determinada de la vía, sean zonas escolares, comerciales, etc. cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño.

Nuestra velocidad directriz está influenciada principalmente por el relieve del terreno, el tipo de vía a construir y el tipo de tránsito que se espera, además de ciertas consideraciones económicas.

La velocidad directriz está condicionada absolutamente a todas las características ligadas a la seguridad del tránsito. Por lo tanto ellas, como el alineamiento horizontal y vertical varían apreciablemente con la velocidad directriz. En forma indirecta están influenciados los aspectos relativos al ancho de la calzada, bermas, etc.(CÁRDENAS, 2002)

Para el presente estudio de vías, se han adoptado según las condiciones topográficas, una velocidad directriz de 60 Km/h.

TABLA 4. 10.Velocidades recomendadas por condiciones topográficas

Terreno	Velocidad Directriz (Km/h)
Plano y Ondulado	Máximo 90
Accidentado	Máximo 50
Muy Accidentado	V<30

Fuente: Manual de Diseño de Caminos Pavimentados Bajo Vol. De Tránsito

b. Distancia de visibilidad:

Es la longitud continua hacia adelante del camino que es visible al conductor, para tomar decisiones oportunas.

b.1. Distancia de Visibilidad de Parada (Dp):

Es la distancia mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la Velocidad Directriz, antes que alcance un objeto inmóvil que se encuentra en su trayectoria.

Para efecto de la determinación de la Visibilidad de Parada se considera que el objetivo inmóvil tiene una altura de 0.60 m y que los ojos del conductor se ubican a 1.10 m por encima de la rasante del camino.

Para nuestro caso la distancia de parada en bajada es de 85 metros y en subida 77 metros lo que se cumple en el diseño de perfil longitudinal, de acuerdo a la velocidad de diseño 60 Km/h.

TABLA 4. 11. Distancia de Visibilidad de Parada (metros)

Velocidad Directriz (Km/h)	Pendiente nula o en bajada				Pendiente en Subida		
	0 %	3 %	6 %	9 %	3%	6 %	9 %
50	65	66	70	74	61	59	58
60	85	87	92	97	80	77	75

Fuente: Modif. Manual de Diseño de Caminos Pavimentados Bajo Vol. De Tránsito

b.2. Visibilidad de Adelantamiento:

Se define como la mínima distancia que debe estar disponible, a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que se supone viaja a una velocidad de 15 Km./h menor, con comodidad y seguridad sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario a la velocidad directriz, y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso.

TABLA 4. 12. Distancia de Visibilidad de Adelantamiento

Velocidad Directriz Km/h	Distancia de Visibilidad de Adelantamiento (m)
50	345
60	410

Fuente: Modif. Manual de Diseño de Caminos Pavimentados Bajo Vol. De Tránsito

c. Peraltes:

El peralte de una curva es la inclinación transversal que se dispone, a la plataforma de la carretera, en los tramos en curva con el objeto de contrarrestar la fuerza centrífuga, garantizándose así la estabilidad del vehículo ante el deslizamiento.

d. Pendientes:

La pendiente de una carretera o camino es la inclinación longitudinal que tiene o se dispone a la plataforma de una carretera.

Pendientes Mínimas: En los tramos en corte se evitará el empleo de pendientes menores de 0,5%.

Pendientes Máximas: En zonas superiores a los 3000msnm, los valores máximos de la siguiente tabla, se reducirán en 1% para terrenos montañosos o escarpados. En carreteras con calzadas independientes las pendientes de bajada podrán superar hasta en un 2%.

TABLA 4. 13. Pendientes Máximas

OROGRAFÍA TIPO VELOCIDAD DE DISEÑO	TERRENO PLANO	TERRENO ONDULADO	TERRENO MONTAÑOSO	TERRENO ESCARPADO
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2001

e. Bombeo:

Las carreteras con pavimento del tipo superior estarán provistas de bombeo en los tramos en tangente, con valores comprendidos entre 1% y 2%. En los tramos en curva, el bombeo será sustituido por el peralte respectivo.

f. Sobreechancho:

La calzada se sobreancha en las curvas para conseguir condiciones de operación vehicular comparable a la de las tangentes.

En las curvas el vehículo de diseño ocupa un mayor ancho que en los tramos rectos, así mismo, a los conductores les resulta más difícil mantener el vehículo en el centro del carril.

Una de las razones fundamentales para la realización de ensanchar la superficie en curvas es que un vehículo con sus ruedas posteriores sigue un camino de radio más corto que las delanteras, por lo tanto es necesario un espacio más ancho que en las tangentes.

4.1.10 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA VÍA

a. Superficie de rodamiento:

Los anchos de la faja de rodadura recomendados por las Normas Peruanas, están en función del tipo de carretera y de la topografía que atraviesa, así como también en función de la velocidad Directriz. (DG 2001-2011)

b. Bermas:

Se define como berma a la franja longitudinal paralela y adyacente a la calzada del camino. Que se utiliza como zona de seguridad para paradas de vehículos en emergencia y de confinamiento del pavimento. Las bermas pueden ser construidas por mezclas asfálticas, tratamientos superficiales o simplemente una prolongación de la superficie de rodadura en los caminos pavimentados de bajo volumen de tránsito. (CÁRDENAS, 2002)

A cada lado de la calzada se proveerán bermas con un ancho (no menor al indicado en el cuadro siguiente mínimo de 0.50 m. Este ancho deberá permanecer libre de todo obstáculo incluyendo señales y guardavías, de existir limitaciones de plataforma, la berma del lado interior (hacia el corte), puede reducir su ancho a criterio del

Proyectista y en función a la Seguridad Vial, evitando el efecto pared. Para la colocación de hitos kilométricos, señales, guardavías y otros dispositivos de tránsito deberá proveerse un sobree ancho igual a 0.50m en los lugares en que sea necesario.

TABLA 4. 14. Ancho de Bermas

VELOCIDAD DIRECTRIZ	ANCHO BERMA (*)
15	0.5
20	0.5
30	0.5
40	0.5
50	0.75
60	0.9
70	0.9
80	1.2
90	1.2

(*) Deberá proveerse un sobree ancho en las Bermas de 0.50m para la colocación de hitos kilométricos, señales, guardavías y otros dispositivos viales.

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2001

4.1.11 CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

Las características técnicas aplicadas para el presente estudio se han basado en el Manual de diseño de Carreteras pavimentadas para bajo volumen de tránsito y el Manual de Diseño Geométrico DG-2001; así como las recomendaciones hechas en el Estudio de Suelos Drenaje, Hidrología y Geología, el ancho de diseño de plataforma en la longitud de la vía es de 6.20 m y bermas de 0.90 m a cada lado. El eje se desarrolla sobre topografía plana, las características son las siguientes:

TABLA 4. 15. Características Geométricas

Velocidad Directriz	60 Km/h.
Longitud total	22+635 Km.
Ancho de superficie de rodadura	6.20 m. promedio
Bermas laterales	en deterioro
Cunetas triangulares	De concreto simple colmatados
Radio Mínimo	80.00 m.
Radio Máximo	220.m
Pendiente Máxima	6.00%
Pendiente Mínima	0.08%
Peralte Máxima	8%
Peralte Mínima	2%
Bombeo	0.20%

Fuente: Elaboración propia

Velocidad Directriz:

Carretera Asfaltada (60 km./h)

Topografía Plana 01 - 06

Velocidad Directriz de 60 km/h.

ANEXO 4.1.11.a) CARACTERÍSTICAS GEOMETRICAS DE LA VÍA

ANEXO 4.1.11.b) PLANO DE SECCIÓN TIPO

4.2 ESTUDIO DE TRÁFICO

4.2.1 GENERALIDADES

El Estudio de Tráfico consiste en establecer las características actuales del tránsito vehicular, en base al cual se pueda determinar parámetros tales como el futuro volumen de demanda de transporte, las diversas categorías vehiculares, sus características, el origen y destino; así como el Índice Medio Diario de vehículos que transitarán por este camino.

Aplicamos el método recomendado por las normas de diseño de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (D.G.C.F)

4.2.2 OBJETIVO

El Estudio de Tráfico consiste en determinar la demanda del tránsito vehicular actual existente en la vía, sus características principales y proyecciones para el periodo de vida útil del camino. En base al cual, posteriormente, se podrá establecer la información obtenida y procesada del volumen y clasificación de tránsito en puntos preestablecidos, permitirá además definir y seleccionar la categoría del camino, para cumplir con el objetivo de determinar sus características de diseño desde el punto de vista geométrico y estructural.

4.2.3 ESTUDIO VOLUMÉTRICO

El estudio volumétrico comprende la determinación de las características actuales y futuras del tráfico, las cuales pueden variar a lo largo de la carretera, por lo cual es necesario definir tramos homogéneos.

Mediante este estudio se pudo conocer la composición del tráfico, elemento fundamental para estudiar el grado de soportabilidad de la superficie del pavimento, se tuvo suficiente cuidado de definir los tipos de vehículos que lo componían, mediante una planificación adecuada en la ubicación de la estación para el conteo y censo correspondiente de los vehículos.

4.2.3.1 TRAMOS HOMOGÉNEOS

Se entiende como tramo homogéneo el tramo de una carretera donde el volumen y la composición de tráfico son iguales, así habría tantos tramos homogéneos como variaciones de tráfico existieran. Sin embargo no es práctico ni eficiente dividir una carretera en muchos tramos por lo que solo se considera las variaciones significativas.

Por observaciones efectuadas en el terreno y entrevistas con autoridades, transportistas y pobladores se ha podido determinar que la mayor parte del volumen de tráfico es de servicio de transporte de

buses y camiones, esto quiere decir que los viajes tienen origen y destino dentro del área de influencia directa.

Se escogieron las estaciones a partir de tramos homogéneos de comportamiento de tránsito, producido por la presencia de zonas semi-urbanas y límites inducidos por la presencia de carreteras que comunican otros puntos de interés de la zona de influencia de la vía.

TABLA 4. 16. Estaciones para efectuar conteos vehiculares.

No. ESTACIÓN	LUGAR
1	Chacachaca
2	Chatuma
3	Queñuani

Fuente: Elaboración propia

4.2.3.2 TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo estuvo a cargo de una brigada que fue la encargada de efectuar el conteo vehicular. Y según la información recabada en la etapa de campo por parte de la población residente a lo largo del tramo de estudio, se determina que las horas de máxima de influencia vehicular para la zona, se produce entre las 09:00 a.m. y las 12:00p.m. por lo cual se muestra registros de conteo desde las 6:00 a.m. hasta las 06:00 p.m. durante una semana. Para este trabajo se siguen las recomendaciones del “Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito”, publicada por el MTC, la cual indica que: “se puede realizar conteos para las 24 horas corridas; pero si se conoce la hora de mayor demanda, puede contarse por un período menor”.

La estación de conteo fue ubicada en un punto medio de la carretera Chacachaca – Yunguyo - Kasani, los trabajos se realizaron clasificando los vehículos por sentido de tráfico según su tipo; donde el trabajo realizado por la brigada fue el conteo vehicular desde las 6:00 a.m. hasta las 6:00 pm, también se consideró que de acuerdo a la información obtenida en los centros poblados y la población

existente que el horario nulo o escaso de tráfico de vehículos es de 6:00 p.m. hasta 6:00 a.m.

La metodología aplicada para realizar el conteo vehicular fue el aforo manual, y se realizó un conteo de todos los vehículos que circulan a través de ella la efectividad de este tipo de aforo es mayor que la del resto ya que permite distinguir entre los diferentes tipos de vehículos que transitan, la estación de aforo fue permanente y se tuvo un aforo continuo por medio de la brigada encargada.

4.2.3.3 TRABAJO DE GABINETE

En gabinete se revisó y digitó la información y se calculó el IMDA de la siguiente manera, en primer lugar se calculó el Índice Medio Diario Semanal (IMDS), del mes en que se realizaron los conteos, el volumen de tráfico del mes se calculó promediando el volumen de los 7 días durante los cuales se realizó el recuento.

Para efectos del presente estudio se realizó la estimación del índice medio diario (IMD) en la carretera Chacachaca-Yunguyo-Kasani, el cual es de 330 vehículos por día promedio, y está compuesto por vehículos ligeros y pesados, mayormente camionetas

La metodología para hallar el Índice Medio Diario anual (IMD), corresponde a la siguiente:

$$\text{IMD} = \text{IMDs} * \text{FCm}$$
$$\text{IMDs} = (((5 * (\sum \text{VI}) + \sum \text{Vn}) / 7)$$

Donde:

IMDs: Volumen clasificado promedio de la semana

VI: Volumen clasificado día laboral (lunes, martes, miércoles, jueves, viernes)

Vnl: Volumen clasificado días no laborables (día sábado (Vs), domingo (Vd.),

Fcm: Factor de corrección según el mes que se efectuó el aforo.

4.2.3.4 FACTOR DE CORRECCIÓN ESTACIONAL - FCE

El volumen de tráfico además de las variaciones horarias y diarias varía según las estaciones climatológicas del año.

En la carretera Chacachaca-Yunguyo-Kasanise determina que no existe ninguna Unidad de Peaje, por lo que para evitar variaciones se opta por tomar un factor de corrección estacional de 1.00000000, a fin de evitar acumular errores por incrementar el volumen del tránsito o afectarlo al mermar el tráfico vehicular.

4.2.3.5 RESULTADOS

4.2.3.5.1 VOLUMEN DE TRÁFICO

**TABLA 4. 17. Volumen de tráfico analizado para el tramo en estudio.
ESTACION DE CONTEO SALIDA A CHACACHACA**

ESTACION DE CONTEO	SALIDA A CHACACHACA
Fecha de inicio de conteo	11/12/2011
Fecha de Término de conteo	17/12/2011
Estación de año	Invierno
Horario de Conteo	05:00 am – 10:00 pm
Horario nulo y escaso de tráfico	10:00 pm – 05:00 am

Fuente: Elaboración propia

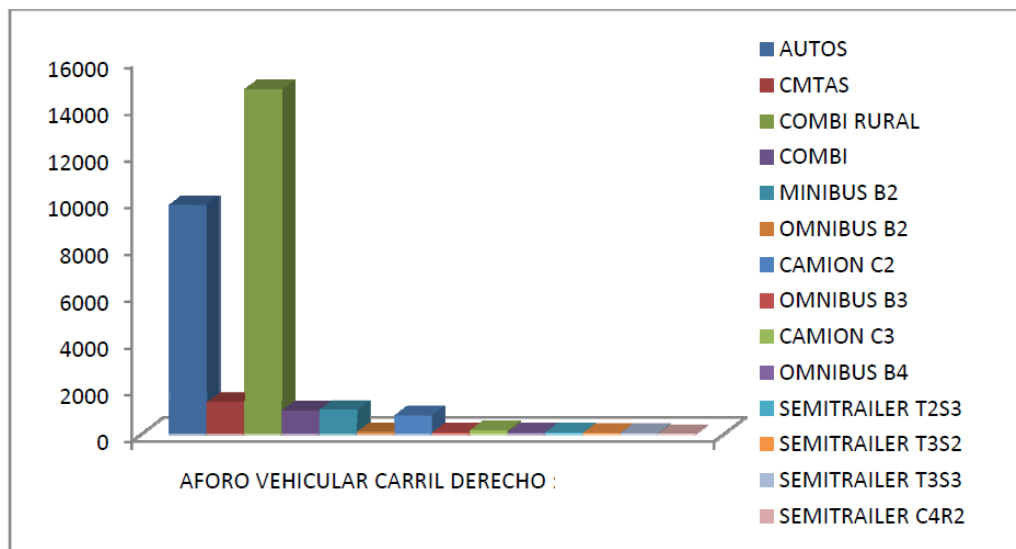
TA
BLA 4. 18. Aforamiento vehicular en la zona de Estudio

TIPO DE VEHICULO	DÍAS HABILES					PL	Sábado	Domingo	IMD	TOTAL CONTAB.	%
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes						
TRAFICO LIVIANO	174	302	241	179	304	240	300	238	257	1738	77.04
AUTOMOVIL	62	94	99	61	98	82	93	97	90	604	26.77
CAMIONETA PICK UP	28	28	23	26	23	25	27	24	25	179	7.93
CAMIONETA RURAL	83	180	119	92	183	131	180	116	142	953	42.24
MICRO	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0.09
TRAFICO PESADO	56	106	49	55	101	73	104	47	73	518	22.96
OMNIBUS DE 2 EJES	15	51	10	15	49	28	51	10	29	201	8.91
OMNIBUS DE 3 EJES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
CAMION DE 2 EJES	20	38	20	18	37	26	38	19	27	190	8.42
CAMION DE 3 EJES	21	17	19	22	15	18	15	18	17	127	5.63
TOTALES	230	408	290	234	405	313	404	285	330	2256	100%

Fuente: Elaboración propia



GRAFICO 4. 1. Diferencia de aforamiento vehicular en la semana de estudio.



Fuente: Elaboración propia

4.2.3.5.2 PROYECCIÓN DE TRÁFICO

Los cálculos han sido realizados con los datos de la tasa de crecimiento poblacional de 1% y un periodo de diseño de 20 años.

4.2.3.6 TASA DE CRECIMIENTO ANUAL (TCA)

Se aplica un método basado en la tasa de crecimiento poblacional, que es recomendable emplear para el transporte de pasajeros, para el efecto utilizaremos los datos de población obtenidos del INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática), del departamento de Puno del cual se puede extraer el valor de la tasa de crecimiento poblacional, para luego contrastarlo con los índices recomendados para la tasa de crecimiento poblacional empleando el método aplicado por la OMS (Organización Mundial de la Salud). Se elegirá el resultado del método que arroje un mayor valor para la TCA, que nos permitirá calcular la población futura.

TABLA 4. 19. Tasa de crecimiento Anual

TASA DE CRECIMIENTO ANUAL		
DESCRIPCIÓN	VALOR	FUENTE DE DATOS
Tasa de crecimiento de la población por departamento	1.00 %	INEI
Tasa Anual Departamental del PBI	3.40 %	Parámetros O.M.S

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI

Con la finalidad de adoptar una posición más crítica para el estudio, que nos permita de cierta forma, absorber el Tráfico Generado y el Derivado, es decir absorber el tráfico a consecuencia del mayor dinamismo socio económico en la zona, por la operación del estudio una vez que éste entre en funcionamiento, utilizaremos la tasa de Crecimiento obtenida de los parámetros de la O.M.S para pequeñas ciudades, por ser éste el valor más alto entre las dos fuentes de información. En consecuencia, el valor más alto entre las dos fuentes de información. En consecuencia, el valor adoptado para la tasa de crecimiento anual en el presente estudio es de: TCA: 3.40%

4.2.4 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TONELADAS EN EL CARRIL DE DISEÑO Y DURANTE EL PERÍODO DE DISEÑO (ESAL)

Representan las aplicaciones de Ejes simples de Carga Equivalente ESAL (W18=ESAL´s). Es el número de pasadas de un eje simple y ruedas duales de 8.2 ton (18 kips) de peso, que produce sobre el pavimento.

La determinación de las proyecciones del tráfico se calcula con la fórmula del ESAL´s, la cual se detalla a continuación:

$$ESAL's = TPDA \times \frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times 365 \times \frac{(1+r)^n}{\ln(1+r)} \times F.C.$$

Dónde:

TPDA: Transito promedio diario anual (inicial).

A: Porcentaje estimado de vehículos pesados (buses y camiones).

B: Porc. En vehículos pesados que emplean el carril de diseño.

R: Tasa anual de crecimiento del tránsito.

N: Periodo de diseño.

F.C.: Factor camión.

4.2.4.1 TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL (T.P.D.A)

Es el volumen de transito durante el periodo de tiempo, dividido por el número de días periodo. Este tipo de tráfico es el que está utilizando actualmente la carretera y que ha tenido y tendrá un crecimiento dependientemente de las mejoras que se puedan efectuar en la vía. Se obtiene como resultado del estudio volumétrico, en función al tránsito promedio diario semanal multiplicado por su respectivo factor de corrección estacional.

4.2.4.1.1 PROYECCIÓN DE TRÁFICO FUTURO

El crecimiento estará influenciado por el mayor o menor desarrollo de las actividades socio-económicas en el área de influencia directa e indirecta .

El tráfico futuro se ha calculado con la siguiente fórmula:

$$T_n = T_o (1+r)^n$$

Dónde:

T_n = Tráfico a futuro

T_o = Tráfico actual o en el año base

r = Tasa de crecimiento

n = Periodo del proyecto (20 años)

4.2.4.2 DETERMINACIÓN DEL FACTOR CAMION (TRUCK FACTOR)

Se entiende por factor camión al número de aplicaciones de ejes sencillos con carga equivalente de 8.2 toneladas, correspondiente al paso de un vehículo comercial (camionetas). Existen diversos métodos para determinar el factor camión de camiones cargados, para el presente estudio se considera el método de conteo y pesaje (asumiendo máximas cargas permisibles según el Reglamento Nacional De Vehículos), ver la tabla de Determinación del Factor Camión.

4.2.4.2.1 CARGAS EQUIVALENTES PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS

Para poder evaluar el efecto de las cargas diferentes a la estándar de 8.2 toneladas, sobre la estructura del pavimento, se han determinado factores de equivalencia de carga por eje, que se han obtenido a partir de la AASHTO ROADS TEST.

Los resultados obtenidos en el camino de prueba de la AASHTO, han permitido determinar que la equivalencia entre cargas diferentes transmitidas al pavimento por el mismo sistema ruedas y ejes se expresa como:

Factor de equivalencia de carga Eje simple, tándem y tridem = $(P1/Po)^{4.5}$

Donde:

Po=Carga estándar.

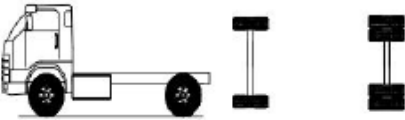
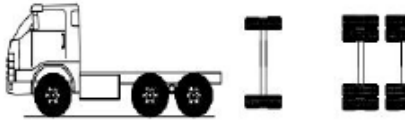
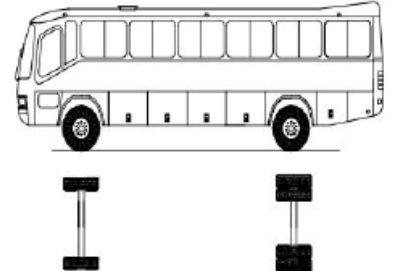
P1=Carga cuya equivalencia con la estándar se desea calcular.

Dichos factores han sido usados en la determinación del factor camión.

Para la determinación de los factores de equivalencia de carga, los cuales se emplearan para calcular el Factor Camión (F.C.), se requiere conocer las cargas de transferencia al pavimento por cada tipo de configuración vehicular.



TABLA 4. 20. Peso y medidas permitidas

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS									
Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)				Peso bruto max. (t)		
			Eje Delant.	Conjunto de ejes posteriores					
				1°	2°	3°		4°	
C2		12.30	7	11	---	---	---	18	
C3		13.20	7	18	---	---	---	25	
B2		13.20	7	11	---	---	---	18	

Fuente: Carreteras Diseño Moderno, José Céspedes Abanto

4.2.4.2.2 DETERMINACION DEL FACTOR CAMION (FC)

Se entiende por factor camión al número de ejes sencillos con carga equivalente de 8.2 t, correspondientes al paso de un vehículo comercial (bus o camión).

Por las referencias existentes, existen diversos métodos para el cálculo del factor camión, y para dicho efecto la bibliografía actualizada ratifica el hecho de validar los diversos métodos para la determinación del factor camión, uno de ellos es el método de conteo y pesaje de vehículos comerciales, el cual constituye uno de los métodos más precisos para determinar las características de equivalencia del tránsito real con respecto a ejes sencillos de 8.2 tn. En razón de no contar con estaciones de pesaje para vehículos en la zona, se plantea para el presente estudio ejecutar dicho método haciendo referencia al reglamento nacional de vehículos (aprobado con D.S. 058-2003-MTC), pesos y medidas, para la determinación de la máxima carga permisible por tipo de vehículo circulante en el tramo en estudio.

Descripción del método

Para la determinación del factor camión por el método de conteo y pesaje, resulta conveniente elaborar un cuadro como el presentado en la tabla 4.21.

El método consiste básicamente, en establecer todos los vehículos comerciales que pasan por determinado punto (estación de conteo), agrupándolos luego de acuerdo a su carga por eje en toneladas en la columna de la izquierda de la tabla en mención y al número y distribución de sus ejes indicado en las columnas (1) y (7). La sumatoria de los valores de la columna 1 corresponde al número total de ejes simples, que a su vez corresponde al doble de

vehículos de dicha configuración de ejes. Así mismo la columna 2 representa al número total de ejes simples, que representan el doble de la cantidad de buses. Los valores de la columna 3 resulta de la suma de la columna 1 y 2. Y se procede de la misma forma para las columnas 4, 5 hasta la 9, por supuesto si se cuenta con vehículos en la respectiva columna de conteo. El último valor de la columna 10, corresponde al número total de camiones durante el estudio, y el último renglón de la columna 11 corresponde al número total de vehículos contados.

La columna 12 se obtiene dividiendo cada uno de los valores de la columna 10, por el total de camiones pesados y multiplicando por 1000, de igual forma la columna 13 resulta de dividir cada uno de los valores de la 11 entre el último valor de la misma columna y multiplicando por 1000.

Los valores de la columna 14 corresponden a los factores de equivalencia de carga por eje determinados por el AASHTOROAD TEST.

Las columnas 15 y 16, resultan de multiplicar cada uno de los valores de las columnas 12 y 13 por el respectivo factor de equivalencia de carga, por eje.

Finalmente, la sumatoria de todos los valores de la columna 16, dividida por 1000, da como resultado el factor camión.

TABLA 4. 21. *Determinación del Factor Camión*

DETERMINACIÓN DEL FACTOR CAMIÓN. EN AMBOS SENTIDOS																	
CARGA POR EJE EN TONELADAS	UNIDADES SIMPLES					COMBINACION				TIPO Y NUMERO TOTAL DE EJES		TIPO Y NUMERO DE EJES POR		FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CARGA	EQUIVALENCIA EN EJES DE 8.2 Tn		
	DOS EJES			TRES EJES		3 EJES	4 EJES	5 EJES	6 EJES	CAMIONES	CAMIONES Y BUSES	1000 CAMIONES	1000 CAMIONES Y BUSES		1000 CAMIONES	1000 CAMIONES Y BUSES	
	CAMIONES	BUSES	CAM. Y BUSES	CAMIONES	BUSES	CAMIONES	CAMIONES	CAMIONES	CAMIONES								
EJES SIMPLES																	
<3.99															-	-	-
4 - 4.99															0.09		
5 - 5.99															2.00		
6 - 6.99															0.39		
7 - 7.99	28	29	57	19						47	57	1000	750.000	0.71	710.000	532.500	
8 - 8.99															1.21		
9 - 9.99															1.93		
10 - 10.99															2.97		
11 - 11.99	28	29	57							28	57	596	750.000	4.41	2628.360	3307.500	
12 - 12.99															6.36		
13 - 13.99															8.95		
14 - 14.99															12.32		
15 - 15.99															16.72		
16 - 16.99															22.28		
>17															29.21		
Nº TOTAL DE EJES SIMPLES	56	58	114	19						75							3840.000
EJES EN TANDEM																	
17 - 17.99				19						19	19	404.2553	250.000	1.850	747.872	462.500	
Nº TOT. DE CAM. Y BUSES CONTADOS	28	29	57	19						47	76						3840.000
															F.C.=	3.84	

Fuente: *Elaboración propia*

4.2.4.3. RESULTADOS

Determinación del ESAL's

$$ESAL's = TPDA \times \frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times 365 \times \frac{(1+r)^n}{\ln(1+r)} \times F.C.$$

TABLA 4. 22. Determinación del ESAL's de Diseño
DETERMINACION DEL ESAL's DE DISEÑO
PARAMETROS DE DISEÑO

PERIODO DE DISEÑO	20	Años
Tasa de crecimiento	1.00	%
F.C.	3.84	equiv. ejes de 8.2 t
TPDA	398	vehic/día
A	14.37	%
B	50	%
ESAL's	887130	8.87E+05

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

TPDA: tránsito promedio diario anual inicial.

A: Porcentaje de vehículos pesados (camiones y buses).

B: Porc. De vehículos pesados que emplean el carril de diseño.

r: Tasa anual de crecimiento del tránsito.

F.C.: Factor Camión

4.2.5 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE TRÁFICO

El conteo de vehículos se ha realizado en la carretera (Chacachaca - Yunguyo - Kasani) en el punto de medio de la carretera, la fecha en que se ha realizado el conteo vehicular es entre el 11 de diciembre del 2011 y el 17 de diciembre del 2011. Los cuadros de conteo vehicular se presentan en el ANEXO 4.2.5.a.

ANEXO 4.2.5.a) CONTEO VEHICULAR








Para la determinación de es al de diseño se emplea la metodología de factor camión, y la carga máxima reglamentaria por tipo de vehículo,

publicada en el Reglamento Nacional de Vehículos (aprobado con D.S. 058-2003-MTC)

Esal de diseño para la vía es de 8.87×10^{A5} , el índice medio diario es de 330 vehículos (entre ligeros y pesados), el periodo de diseño de la vía es de 20 años. La tasa de crecimiento anual es de 1.00%, para la zona se ha determinado en función a los datos publicados por el INEI.



TABLA 4. 23. Resumen Aforo Vehicular

RESUMEN								
TIPO DE TRAFICO	AUTOMOVIL	CAMIONETA PICK UP	CAMIONETA RURAL	MICRO	OMNIBUS 2 EJES	CAMION 2 EJES	CAMION 3 EJES	TOTAL
								
DIA								
DOMINGO	97	24	116	1	10	19	18	285
LUNES	62	28	83	1	15	20	21	230
MARTES	94	28	180	0	51	38	17	408
MIÉRCOLES	99	23	119	0	10	20	19	290
JUEVES	61	26	92	0	15	18	22	234
VIERNES	98	23	183	0	49	37	15	405
SÁBADO	93	27	180	0	51	38	15	404
∑ PARCIAL	604	179	953	2	201	190	127	2256
∑ Parcial X dia	26.77	7.93	42.24	0.09	8.91	8.42	5.63	100
PORCENTAJE	26.77%	7.93%	42.24%	0.09%	8.91%	8.42%	5.63%	100.00%

Fuente: Elaboración propia

TABLA 4. 24. Resumen De Estudio De Tráfico

DÍA	TOTAL
DOMINGO	285
LUNES	230
MARTES	408
MIÉRCOLES	290
JUEVES	234
VIERNES	405
SÁBADO	404
TOTAL	2256
IMD	322

Resumen

Total semanal	2256
Nro de días de conteo	7
IMDS	322.29



Tipo de Vehículo	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	Total	IMDS	%
Vehículos Ligeros	238	174	302	241	179	304	300	1738	248	77.02%
Buses	10	15	51	10	15	49	51	201	29	9.01%
Camiones	37	41	55	39	40	52	53	317	45	13.98%

100.00%



Determinar los factores de corrección promedio de una estación de peaje cercano al camino

Se determina que existe una unidad de peaje que se encuentra relativamente cerca de la zona la que cuenta con un patrón estacional proporcionada por el MTC el que se denomina Peaje llave y se encuentra en la ruta R-03S, por lo que para evitar variaciones se opta por tomar los factores de corrección siguientes:

Factor de corrección vehículos ligeros; 0.998172862(según factores de corrección para vehículos ligeros 2000 – 2010, MTC)

Factor de corrección vehículos pesados; 1.068390209 (según factores de corrección para vehículos pesados 2000 – 2010, MTC)

F.C.E. Vehículos ligeros: 0.99817286

F.C.E. Vehículos pesados: 1.06839021

Tipo de Vehículo	TOTAL SEMANA	IMD _s	FC	IMD _a	%
Automóvil	604	87	0.99817286	87	26.61%
Camioneta	179	26	0.99817286	26	7.95%
Camioneta Rural	953	137	0.99817286	137	41.90%
Micro	2	1	0.99817286	1	0.31%
OMNIBUS 2 EJES	201	29	0.99817286	29	8.87%
Camión 2E	190	28	1.06839021	30	8.56%
Camión 3E	127	19	1.06839021	20	5.81%
TOTAL	2256	327		330	100%

TABLA 4. 25.Tráfico actual por tipo de vehículo

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Automóvil	87	26.36
Camioneta	26	7.88
C.R.	137	41.52
Micro	1	0.30
OMNIBUS 2 EJES	29	8.79
Camión 2E	30	9.09
Camión 3E	20	6.06
IMD	330	100.00

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 4.2.5.b) PROYECCIONES DE TRÁFICO

CAPÍTULO V

5. ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO

La presente evaluación geológica plantea el reconocimiento de las principales formaciones suelos y zonas rocosas del área, sus características físicas, químicas y estructurales geológicas el área en estudio.

El estudio se desarrolla sobre la base de la información publicada por el INGEMMET en sus cuadrángulos geológicos a escala 1:100 000, complementados con trabajos de interpretación de imágenes de satélite y observaciones directas en recorridos de campo.

El área designada en estudios corresponde a REHABILITACIÓN DE LA CARRETERA CHACACHACA – YUNGUYO – KASANI DISTRITO DE YUNGUYO, PROVINCIA DE YUNGUYO – PUNO, dicha vía se emplaza por una zona de llanura suelos inundables desde Centro Poblado desvío Chacachaca hasta lugar denominado Chatuma, las características del suelos es arena limosa o arena pobremente graduada de color gris a plomo, a partir de Zona Chatuma a Yunguyo y frontera Kasani dicha carretera se ubica casi paralelo Lago Titicaca.

El estudio Geológico y Geotécnico definirán las características de la zona o área de influencia del trazo, a fin evaluar el terreno de fundación la conformación de la estructura del pavimento existente, actualmente se ha visto fallas estructurales en el pavimento, donde se determinaran las características de los materiales conformados que sea adecuada que refleje a la realidad a la zona.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El presente capítulo tiene por objeto determinar las propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo para el “REHABILITACIÓN DE LA CARRETERA CHACACHACA – YUNGUYO – KASANI DISTRITO DE

YUNGUYO, PROVINCIA DE YUNGUYO – PUNO”. Para alcanzar el objetivo principal, previamente se requiere lograr los siguientes objetivos secundarios:

- Elaboración de un estudio geológico superficial de la zona, que sirva de marco para las investigaciones geotécnicas.
- Realización de los ensayos estándares de laboratorio de mecánica de suelos y ensayos especiales.
- Interpretación de los resultados de las investigaciones geotécnicas de campo y los ensayos de laboratorio.
- Elaboración de los perfiles geotécnicos de conformación de la estructura del pavimento existente en dicho tramo ubicados zonas críticas.

5.1 GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

5.1.1 CENOZOICO

5.1.1.1 CUATERNARIO ALUVIAL (Qh-al)

El cuaternario aluvial son depósitos aluviales está compuesto de materiales sueltos, como gravas, limos, arenas y arcillas. Estos materiales fueron transportados por el río, glaciares y por la acción eólica desde luego han sido depositados en zonas planas de muy baja pendiente Edad de correlación, pertenece a la Era Cenozoica y serie pleistoceno.

Posteriormente los terremotos Mesozoicos y Cenozoicos son deformados por la tectónica andina con varias fases de plegamiento; como resultado aparecen las estructuras andinas con pliegues simétricos, asimétricos.

En la zona de estudio no se apreciado fallas geológicas activas.

5.1.4 SISMICIDAD

De acuerdo al Nuevo Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según la nueva Norma Sismo Resistente (NTE E – 030) y del mapa de distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú, en la cual se basa en siosistas de sismo peruanos y datos de intensidades puntuales del sismo históricos y sismos recientes; se concluye que el área de estudio se encuentra dentro de la zona de baja media sismicidad (Zona 2), existiendo las posibilidades de que ocurra sismos de intensidades considerables como V a VI en la escala Mercali Modificada.

De acuerdo a la nueva Norma técnica NTE E-30 y el predominio del suelo bajo la cimentación, se recomienda adoptar en los diseños Sismo-Resistentes, los siguientes parámetros.

- Zona 2
- Factor de Zona $Z=0.40$
- Factor de Amplificación del suelo $S=1.2$
- Periodo que define la plataforma del espectro $T_p=0.60$

5.1.5 GEODINÁMICA INTERNA

La Costa sur del Perú y norte de Chile, está relacionada a la zona de subducción de las placas tectónicas, donde ocurren sismos de gran magnitud, de orden de 8° o más en la escala de Richter, habiendo sido afectada por los últimos sismos.

Estos eventos han causado severos daños por efecto de las vibraciones sísmicas e inundaciones por tsunamis, en las costas bajas, como es el caso del terremoto ocurrido en 1868, que destruyó la franja costera y parte

de la sierra de los departamentos de Arequipa, Moquegua, y parte de sierra, los posteriores eventos sísmicos también ocasionaron grandes daños o pérdidas, estos sucesos pueden repetirse.

De acuerdo al mapa de regionalización sismo tectónica y de zonificación sísmica del Perú, el área suroccidental del Perú, se ubica principalmente en una zona baja media sismicidad como indica en el mapa de zonificación sísmica.

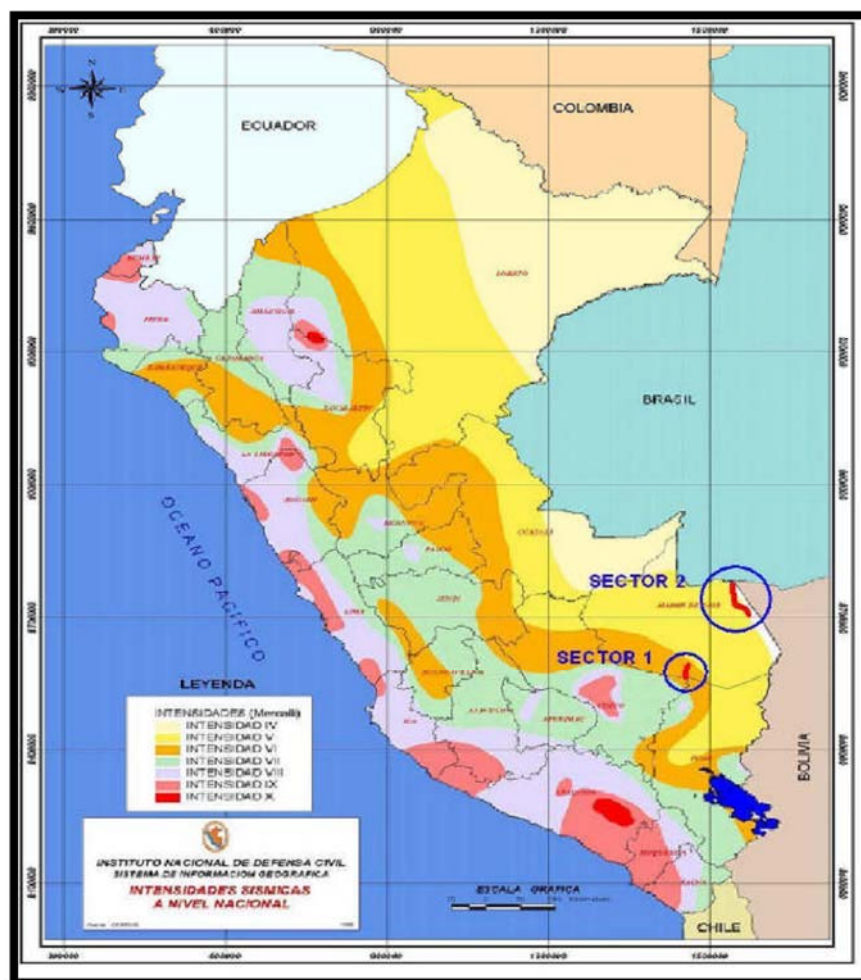


FIGURA 5. 2. Mapa de regionalización sismo tectónico. (Instituto nacional de Defensa Civil)

5.1.6 GEODINÁMICA EXTERNA

Durante la fase de reconocimiento en campo el área de trazo y sus alrededores, no se han apreciado riesgos geológicos por procesos de geodinámica externa que pudieran afectar la vulnerabilidad de la obra.

En general en el área del estudio los fenómenos geodinámicas son mínimos pero de escasa envergadura, debido básicamente en periodos de lluvias o periodos de inundación en donde incrementa el nivel de agua empozándose en ambos márgenes de la carretera esto puede perjudicar a la estructura del pavimento.

5.1.7 EROSIÓN LAMINARA

El agua de escorrentía en periodos de lluvia, normalmente, discurre por la superficie de las plana o por la plataforma de la vía, buscando lugar apropiado para su desplazamiento, actualmente dicha vía se encuentra en estado de deterioro presentando fallas o fisuras en el pavimento (carpeta) y al mismo tiempo origina una sobresaturación de los materiales de la plataforma de la vía existente infiltrándose por las fisuras existentes actualmente está afectada por este fenómeno.

- **Causas de su Ocurrencia**

El problema se origina por falta mantenimiento rutinario, esto implica el deterioro de las estructuras del pavimento. El deterioro progresivo de la plataforma de rodadura a causa de este fenómeno ocasiona la formación de grandes fallas, ahuellamientos, fallas de piel de cocodrilo etc., y oquedades de diverso diámetro, como se observa la estructura del pavimento, en épocas de lluvia ocasionan la infiltración de aguas superficiales por las fisuras causando a la estructura de base granular o a los demás estructuras



FOTO 5. 1. Se aprecia falla piel de cocodrilo en el pavimento, estas fallas requiere inmediata Rehabilitación

5.1.8 HUAYCOS

Se denomina así al desplazamiento de materiales saturados de agua, cuesta abajo, por la acción conjunta de la gravedad y la saturación del material. Los huaycos se producen principalmente después de lluvias torrenciales.

La carretera cruza cursos de agua con posibilidad de arrastre de mínimos cantidades de sólidos por baja pendiente por ende no existe riesgo alguno, solo requiere mantenimiento permanente de cunetas.

- **Causas de su Ocurrencia**

Las causas de la ocurrencia son las siguientes:

Modificaciones severas de las pendientes naturales, en presencia de zonas debilitadas

- **Medidas de Corrección**

Como respuesta a los problemas localizados, se recomienda limpieza de cunetas, pontones, alcantarillas y puentes para evitar los empozamientos de agua en los márgenes de la vía o material sedimentario.



FOTO 5. 2 Cunetas colmatadas con sedimentos y piedras por falta de mantenimiento prog. Km. 8+100 a 8+300 del tramo de la vía Chacachaca - Yunguyo.

5.1.9 DESLIZAMIENTOS

Son fenómenos producidos por la ruptura y desprendimiento de masas de suelo que parcialmente pueden arrastrar fragmentos rocosos, en forma lenta Se desarrolla sobre una superficie de deslizamiento.

En zona de estudio no se ha apreciado los riesgos que pudiera presentarse los fenómenos de deslizamiento, la carretera se emplaza por una zona pampa con pendientes muy bajas, solo existe pequeño corte en tramo o sector Chatuma en algunas oportunidades presentan caída de bloques en tramo mencionado.

5.1.10 EVALUACIÓN GEOTECNIA

Los procesos geomorfológicos en zona de estudios no se apreciado riesgo alguno que pudiera ocasionar a la estructura, actual vía ya se encuentra en periodo de deterioro todo el tramo, algunos tramos en estado crítico, en donde se ha evaluado realizando calicatas para identificar los problemas estructurales en el pavimento.

En la actual vía o estructura del pavimento desde el inicio hasta el final del tramo se ha apreciado la presencia de falla de piel de cocodrilo.

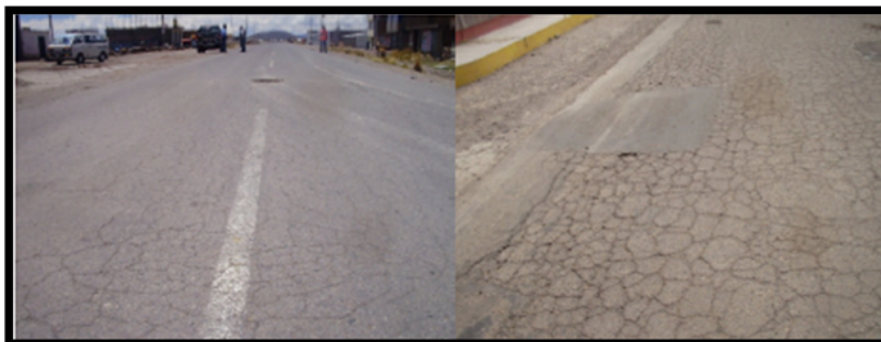


FOTO 5.3 Muestra actual carretera existente en estado de deterioro, la presencia de piel de cocodrilo, esto se aprecia en todo el tramo.

5.1.11 ESTABILIDAD DE TALUDES

Los taludes de corte dependerán de la naturaleza del terreno y de su estabilidad, pudiendo utilizarse las relaciones de corte en talud siguiente los que son apropiados para los tipos de materiales (suelos) indicados en el cuadro siguiente:

TABLA 5. 1. Taludes de Corte

TALUDES DE CORTE	
Clases de terreno	Talud (V-H)
Roca Fija	10:01
Roca Suelta	6:1 – 4:1
Conglomerados Cementados	4:1
Suelos Consolidados Compactos	4:1
Conglomerados Comunes	3:1
Tierra Compacta	2:1
Tierra Suelta	1:1
Arena Sueltas	1:2
Zonas blandas con abundante arcillaso zonas humedecidas por filtraciones	1:2 – 1:3

TALUDES DE CORTE	
Clases de terreno	Talud (V-H)
Tierra Compacta aluvia (gravoso)	1:1
Tierra Suelta suelos saturados	1:2

Fuente: Elaboración propia

En la zona de estudio no existen cortes de mayor envergadura, taludes de mayor consideración, el estudio es rehabilitación no carretera nueva y será necesario limpiezas y algunas recomendaciones si tuviera.

5.2 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Los trabajos de las evaluaciones de Suelos de la Carretera: Chacachaca - Yunguyo - Kasani, Tramo Km. 0+000 - Km. 22+635 que se encuentra a nivel de Capa Granular, nos permite visualizar en forma general el estado de la carretera detectando insuficiencias superficiales de la carretera y la serviciabilidad es variable originada por los excesivos baches y deterioros vistos en carretera.

En el estudio de suelos se debe tener cuidado especial, ya que los elementos de la estructura que conforman la cimentación de cualquier tipo de obra de ingeniería, se encuentran por debajo de la superficie del terreno, por lo que es necesario conocer el perfil del subsuelo, el que nos proporcionará la información acerca de la clase de suelos y rocas existentes y nos indicara la profundidad a la que se encuentran las aguas subterráneas, así como el espesor de las diferentes capas que conforman el subsuelo.

La aceptación de un pavimento asfáltico en el Perú está basada actualmente en dos aspectos importantes que se agrupan a varios factores y mediciones de calidad: a) la aceptación de la mezcla asfáltica y b) La

aceptación de la estructura del pavimento. Los parámetros indicadores de la calidad, en ambos casos, miden la calidad funcional y estructural del pavimento. (ICG, Carreteras,2011)

Algunos parámetros indicadores usados tradicionalmente para la aceptación, se muestran en la siguiente figura:

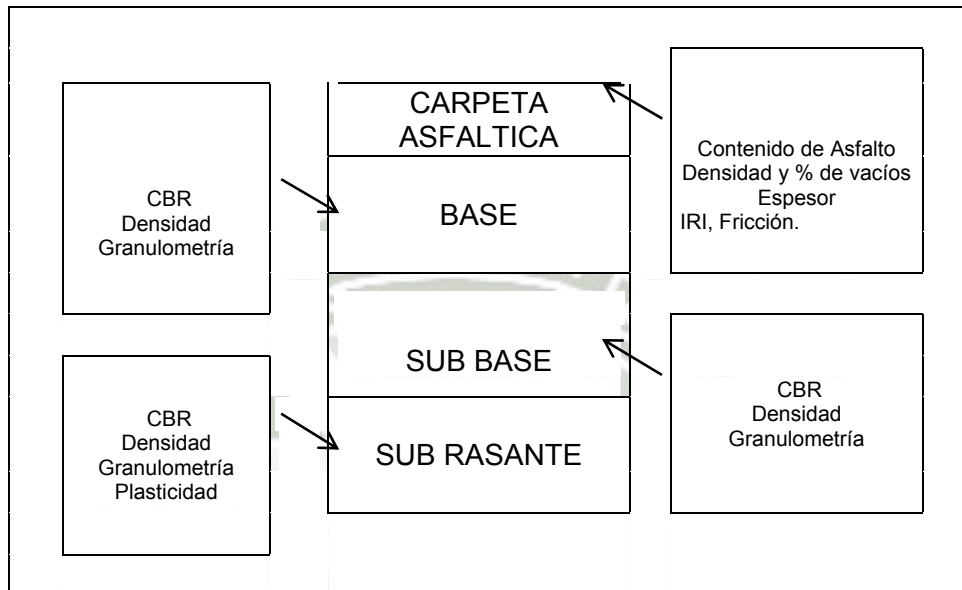


FIGURA 5. 3. Forma Principales Parámetros indicadores de la Calidad de un Pavimento Asfáltico (ICG)

La metodología seguida para la ejecución del estudio, comprendió básicamente una investigación de campo a lo largo del tramo carretero proyectado mediante prospecciones de exploración (calicatas), con obtención de muestras representativas en cantidades suficientes, las que fueron objeto de ensayos de laboratorio y finalmente con los datos obtenidos en ambas fases se realizaron las labores de gabinete, para consignar luego en forma gráfica y escrita los resultados del estudio.

Las tres etapas o fases descritas líneas arriba (campo, laboratorio y gabinete) son secuencias e igualmente importantes; a continuación se describe el trabajo desarrollado.

5.2.1 TRABAJO DE CAMPO

Teniendo en cuenta las características de la vía se procedió elaborar un programa de investigación geotécnica, el cual consistió en prospección geotécnica, se abrieron 14 calicatas paralelas a la línea de trazo (longitudinal de la carretera). Para el presente estudio se ejecutaron calicatas en las siguientes progresivas:

TABLA 5. 2. Relación de Calicatas

CALICATA	PROGRESIVA
C - 1	0 + 000
C - 2	1 + 800
C - 3	3 + 300
C - 4	5 + 000
C - 5	6 + 450
C - 6	8 + 550
C - 7	10 + 030
C - 8	11 + 840
C - 9	13 + 300
C - 10	15 + 000
C - 11	16 + 660
C - 12	18 + 600
C - 13	20 + 500
C - 14	22 + 635

Fuente: Elaboración propia

Con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales se ejecutaron pozos exploratorios de 0.80 x 0.50 (aproximadamente) a “cielo abierto” de 1.50 m de profundidad mínima, las que se distribuyen de tal manera que la información obtenida sea representativa.

Las excavaciones de las calicatas permitieron la evaluación visual de la estructura del pavimento. Se efectuó el registro perfil estratigráfico y posteriormente se tomó las muestras de acuerdo a los procedimientos técnicos se tomó muestras, las investigaciones en el campo se han efectuado siguiendo los procedimientos de MTC.

De los materiales encontrados en las calicatas se obtuvieron muestras disturbadas, las que fueron descritas e identificadas con la ubicación, número de muestra y profundidad luego fueron colocadas en bolsas de polietileno pero su traslado al laboratorio. Durante la ejecución de los estudios de campo se llevó el registro de los espesores de cada una de las capas del sub-suelo, sus características de gradación y su estado de compacidad.

5.2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Las obras de Ingeniería Civil están íntimamente ligadas con los suelos; ya sea para emplearlos como terreno de fundación y/o como material de construcción; y como sabemos, estos suelos están distribuidos en estratos verticales y horizontales con propiedades muy singulares que hacen variar las cualidades de dicho suelo y por consiguiente los hacen buenos o malos para el uso que se les pretenda dar.

Sobre las muestras obtenidas en los reconocimientos se realizan diversos ensayos, que pueden clasificarse en ensayos de identificación y ensayos de evaluación del comportamiento. Los ensayos de identificación pueden ser básicos (como la granulometría, plasticidad o la composición química) o complementarios (como el contenido de materia orgánica o el equivalente de arena). Por su parte, los ensayos de caracterización del comportamiento son los de compactación (como el Proctor) y los de capacidad de soporte del material compactado (como el CBR). (KRAEMER, 2002)

Las muestras representativas fueron sometidas a los siguientes ensayos:

- Análisis Granulométrico por Tamizado (MTC E 107)
- Humedad Natural (MTC E 108)
- Límites de Atterberg
 - Límite Líquido (MTC E 110)
 - Límite Plástico (MTC E 111)

- Índice de Plasticidad (MTC E 111)
- Clasificación de Suelos método SUCS
- Clasificación de Suelos método AASHTO
- Proctor Modificado (MTC E 115)
- California Bearing Ratio (MTC E 132)

Labores de Gabinete

En base a la información obtenida durante los trabajos de campo y los resultados de los ensayos de laboratorio, se efectuó la clasificación de suelos de los materiales empleándose los sistemas SUCS y AASHTO, con la finalidad de análisis y correlación de acuerdo a sus características litológicas, lo cual se consigna también en el perfil estratigráfico.

El programa de ensayos comprendió de los siguientes ensayos:

5.2.2.1 GRANULOMETRÍA. ASTM D422 / AASHTO T 88 (MTC E 107)

Se llama también análisis mecánico y consiste en la determinación de los porcentajes de piedra, grava, arena, limo y arcilla que hay en una determinada masa de suelo.

Si el material es granular, los porcentajes de piedra, grava y arena pueden determinarse fácilmente mediante el empleo de tamices.

En cambio si el suelo contiene un porcentaje apreciable de material fino (limos + arcilla) que pasa por el tamiz N° 200 habrá que utilizar métodos en el principio de sedimentación. (BOWLES, 1982)

Los resultados de este ensayo pueden ser representados gráficamente en forma de una curva granulométrica semi logarítmica, en la que las abscisas

representan el logaritmo del diámetro de las partículas, y las ordenadas el porcentaje en peso que pasa por un tamiz determinado, contenido en los materiales de suelo que se trate.

5.2.2.2 LÍMITES DE ATTERBERG O LÍMITES DE CONSISTENCIA. LÍMITE LÍQUIDO ASTM-D-423 (MTC E 110); LÍMITE PLÁSTICO ASTM-D-424 (MTC E 111)

Los límites de consistencia de un suelo, están representados por contenidos de humedad. Los principales se conocen con los nombres de límite líquido, límite plástico y límite de contracción. (BOWLES, 1982)

- Límite líquido: Es el límite entre los estados líquido y plástico de un suelo.
- Límite plástico: Es el límite entre los estados plástico y Semisólido.
- Límite de contracción: Es el límite entre los estados semisólido y sólido.

5.2.2.3 ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA. ASTM D 2419 ASSHTO 176 (MTC E 114)

Se define el equivalente de arena como la proporción de la altura alcanzada por las partículas de naturaleza arenosa, en una suspensión de árido fino en agua, respecto a la altura alcanzada por las partículas arcillosas en la misma suspensión, en porcentaje. Por este motivo, cuanto mayor es el equivalente de arena de un árido fino, menor es el contenido en partículas arcillosas, por lo que su limpieza es mejor.

Este ensayo se utiliza por su rapidez en la determinación de un índice representativo de la proporción y características de los finos que contiene un suelo granular o un árido fino.

Se demostró que los resultados están dentro de los requeridos, que para el caso de la base es de 45%min; y para el caso de la sub base es de 35%min; los resultados obtenidos están dentro de lo exigido

5.2.2.4 ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO. ASTM D1557/ AASHTO T 180-01(MTC E 115)

Es uno de los ensayos más importantes de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno. A través de él es posible determinar la compactación máxima de un terreno en relación con su grado de humedad.(BOWLES, 1982)

Existen dos tipos de ensayo Proctor normalizados; el "Ensayo Proctor Normal", y el "Ensayo Proctor Modificado". La diferencia entre ambos estriba en la distinta energía utilizada, debido al mayor peso del pisón y mayor altura de caída en el Proctor modificado. Los objetivos que se persiguen con este ensayo son los siguientes.

- Disminuir la compresibilidad y, por consiguiente, reducir los asentamientos.
- Disminuir la relación de vacíos y, por consiguiente, reducir el potencial de expansión, contracción o expansión por congelamiento.

5.2.2.5 CBR (California Bearing Ratio). ASTM D 1883 AASHTO T 193 /ASTM D1883 (MTC E 132)

El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte. El (%) CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material triturado.

La expresión que define al CBR, es la siguiente:

$$\text{CBR} = \frac{\text{Carga Unitaria de Ensayo}}{\text{Carga unitaria Patron}} \times 100$$

Se establece una relación entre la resistencia a la penetración de un suelo y su capacidad de soporte como base de sustentación para pavimentos flexible.

5.2.2.6 HUMEDAD NATURAL. ASTM D 2216 (MTC E 108)

Este ensayo tiene por finalidad, determinar el contenido de humedad de una muestra de suelo. El contenido de humedad de una masa de suelo, está formado por la suma de sus aguas libre, capilar e higroscópica.

$$\text{Contenido de Humedad (\%)} = \frac{\text{Peso muestra humedad} - \text{Peso Muestra seca}}{\text{Peso muestra seca}}$$

O sea:

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

5.2.2.7 ABRASIÓN. ASTM C 535/ (MTC E 207)

Los agregados deben ser capaces de resistir el desgaste irreversible y degradación durante la producción, colocación y compactación de las obras de pavimentación, y sobre todo durante la vida de servicio del pavimento.

Debido a las condiciones de esfuerzo-deformación, la carga de la rueda es transmitida a la superficie del pavimento a través de la llanta como una presión vertical aproximadamente uniforme y alta. La estructura del pavimento distribuye los esfuerzos de la carga, de una máxima intensidad en la superficie hasta una mínima en la subrasante.

Por otro lado, los agregados transmiten los esfuerzos a través de los puntos de contacto donde actúan presiones altas. El Ensayo de Desgaste de Los Ángeles, mide básicamente la resistencia de los puntos de contacto de un agregado al desgaste y/o a la abrasión, por medio de la máquina de los Ángeles.

5.2.2.8 CONO DE ARENA (DENSIDAD DE CAMPO). ASTM D 1556 (MTC E 117)

El método del cono de arena, se aplica en general a partir de la superficie del material compactado, este método se centra en la determinación del volumen de una pequeña excavación de forma cilíndrica de donde se ha retirado todo el suelo compactado (sin pérdidas de material) ya que el peso del material retirado dividido por el volumen del hueco cilíndrico nos permite determinar la densidad húmeda. Determinaciones de la humedad de esa muestra nos permiten obtener la densidad seca. (BOWLES, 1982)

El método del cono de arena utiliza una arena uniforme normalizada y de granos redondeados para llenar el hueco excavado en terreno. Previamente en el laboratorio, se ha determinado para esta arena la densidad que ella tiene para las mismas condiciones de caída que este material va a tener en terreno. Para ello se utiliza un cono metálico.

5.2.2.9 CONTENIDO DE IMPUREZAS ORGÁNICAS. ASTM C40 (MTC E 118)

La materia orgánica que se presenta en los agregados, especialmente en los finos consiste en tejidos animales y vegetales que están principalmente formados por carbono, nitrógeno y agua. Este tipo de materia al encontrarse en grandes cantidades afectan en forma nociva las propiedades del material, como la resistencia, durabilidad y buen desarrollo del proceso de construcción. Por esto es muy importante controlar el posible contenido de materia orgánica de una arena ya que ésta es perjudicial para el material. El ensayo más utilizado es el colorimétrico.

5.2.2.10 PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

El peso específico o gravedad específica de un suelo, es la relación entre el peso, el aire, de sus partículas minerales y el peso, al aire, del agua destilada, considerando un mismo volumen y una misma temperatura.

$$\text{Peso específico (} ^\circ\text{C)} = \frac{W_s}{V_s} = \frac{W_s}{W_s + W_a - W_b}$$

Donde:

V_s = volumen de la muestra seca al horno.

W_s = peso de la muestra seca al horno.

W_a = peso del picnómetro lleno con agua.

W_b = peso del picnómetro lleno de agua y suelo

El agua dentro de la masa de suelo es parte fundamental de su comportamiento, puede estar presente en sus tres fases y generar propiedades determinantes. Pero la absorción en términos coloquiales es la capacidad que tiene un material de retener agua.

La absorción es el aumento en peso de los agregados debido al agua en los poros de materia pero, sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, la absorción interactúa a nivel interno de partículas y se expresa como un porcentaje del peso seco.

5.2.2.11 DENSIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA

La densidad mínima que puede tener un suelo granular se refiere al estado más suelto que ese suelo puede adoptar, se determina en el laboratorio mediante un ensayo.

A fin de que el material a compactarse alcance la mayor densidad posible en un terreno deberá realizarse el ensayo de densidad máxima.

Resumen de resultados obtenidos de los ensayos por calicata se presentan a continuación:

TABLA 5. 3. Tablas de ensayos por calicatas

CALICATA 1				
PROGRESIVA		0+000		
GRANULOMETRÍA				
BASE		GW GM / A-1-a		
SUB BASE		SM / A-1-b		
SUB RASANTE		-		
LÍMITES DE CONSISTENCIA				
	LL %	LP %	IP %	CC
BASE	NP	NP	NP	NP
SUB BASE	23.91	22.5	1,41	0.125
SUB RASANTE	-	-	-	-
EQUIVALENTE DE ARENA %		DENSIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA		
BASE	46.8	P.E.MAX	P.E.MIN	
SUB BASE	42.7	BASE	1.76	1.31
SUB RASANTE	----	SUB BASE	1.67	1.24
PROCTOR MODIFICADO			CBR	
	MDS gr/cc	COH %	100%	95%
BASE	2.12	7.57	BASE	83
SUB BASE	2	11.64	SUB BASE	27
SUB RASANTE	----	----	SUB RASANTE	----
CONTENIDO DE HUMEDAD %		ABRASIÓN %		
BASE	7.57	BASE		29.8
SUB BASE	11.62	SUB BASE		30.3
SUB RASANTE	----			
DENSIDAD DE CAMPO gr/cc		CONTENIDO DE IMPUREZAS		
BASE	2.28	BASE		2
		SUB BASE		1

CALICATA 2				
PROGRESIVA		1+800		
GRANULOMETRÍA				
BASE		GW GM / A-1-a		
SUB BASE		SM / A-1-b		
SUB RASANTE		-		
LÍMITES DE CONSISTENCIA				
	LL %	LP %	IP %	CC
BASE	NP	NP	NP	NP
SUB BASE	24.09	21.41	2.67	0.127
SUB RASANTE	-	-	-	-
EQUIVALENTE DE ARENA %		DENSIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA		
BASE	47.9		P.E.MAX	P.E.MIN
SUB BASE	42.2	BASE	1.85	1.45
SUB RASANTE	-----	SUB BASE	1.6	1.19
PROCTOR MODIFICADO			CBR	
	MDS gr/cc	COH %	100%	95%
BASE	2.134	7.32	BASE	83
SUB BASE	2.007	12.13	SUB BASE	28
SUB RASANTE	-----	-----	SUB RASANTE	-----
CONTENIDO DE HUMEDAD %		ABRASIÓN %		
BASE	7.39	BASE	30.3	
SUB BASE	8.33	SUB BASE	30.6	
SUB RASANTE	-----			
DENSIDAD DE CAMPO gr/cc		CONTENIDO DE IMPUREZAS		
BASE	2.29	BASE	2	
		SUB BASE	1	

CALICATA 3				
PROGRESIVA		3+300		
GRANULOMETRÍA				
BASE		GW GM / A-1-a		
SUB BASE		SM / A-1-b		
SUB RASANTE		-		
LÍMITES DE CONSISTENCIA				
	LL %	LP %	IP %	CC
BASE	NP	NP	NP	NP
SUB BASE	23.67	21.57	2.1	0.123
SUB RASANTE	-	-	-	-
EQUIVALENTE DE ARENA %		DENSIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA		
BASE	47.3		P.E.MAX	P.E.MIN
SUB BASE	44.3	BASE	1.75	1.35
SUB RASANTE	----	SUB BASE	1.53	1.1
PROCTOR MODIFICADO			CBR	
	MDS gr/cc	COH %	100%	95%
BASE	2.116	7.73	BASE	83
SUB BASE	2.009	12	SUB BASE	40
SUB RASANTE	----	----	SUB RASANTE	----
CONTENIDO DE HUMEDAD %		ABRASIÓN %		
BASE	7.77	BASE	27.9	
SUB BASE	12	SUB BASE	30	
SUB RASANTE	----			
DENSIDAD DE CAMPO gr/cc		CONTENIDO DE IMPUREZAS		
BASE	2.27	BASE	2	
		SUB BASE	1	



CALICATA 4				
PROGRESIVA		5+000		
GRANULOMETRÍA				
BASE		GW GM / A-1-a		
SUB BASE		SM / A-1-b		
SUB RASANTE		-		
LÍMITES DE CONSISTENCIA				
	LL %	LP %	IP %	CC
BASE	NP	NP	NP	NP
SUB BASE	23.62	21.55	2.04	0.123
SUB RASANTE	-	-	-	-
EQUIVALENTE DE ARENA %		DENSIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA		
BASE	47.5		P.E.MAX	P.E.MIN
SUB BASE	43.2	BASE	1.78	1.35
SUB RASANTE	----	SUB BASE	1.58	1.21
PROCTOR MODIFICADO			CBR	
	MDS gr/cc	COH %	100%	95%
BASE	2.152	8.15	BASE	84
SUB BASE	2.01	11.86	SUB BASE	28
SUB RASANTE	----	----	SUB RASANTE	----
CONTENIDO DE HUMEDAD %		ABRASIÓN %		
BASE	8.17	BASE	27.7	
SUB BASE	11.84	SUB BASE	29.7	
SUB RASANTE	----			
DENSIDAD DE CAMPO gr/cc		CONTENIDO DE IMPUREZAS		
BASE	2.34	BASE	1	
		SUB BASE	2	

CALICATA 5				
PROGRESIVA		6+450		
GRANULOMETRÍA				
BASE		GP GM / A-1-a		
SUB BASE		SM / A-1-b		
SUB RASANTE		-		
LÍMITES DE CONSISTENCIA				
	LL %	LP %	IP %	CC
BASE	NP	NP	NP	NP
SUB BASE	24.04	21.65	2.36	0.12
SUB RASANTE	-	-	-	-
EQUIVALENTE DE ARENA %		DENSIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA		
BASE	47.7		P.E.MAX	P.E.MIN
SUB BASE	43.2	BASE	1.85	1.43
SUB RASANTE	-----	SUB BASE	1.66	1.22
PROCTOR MODIFICADO			CBR	
	MDS gr/cc	COH %	100%	95%
BASE	2.164	7.3	BASE	86
SUB BASE	2	11.64	SUB BASE	27
SUB RASANTE	-----	-----	SUB RASANTE	-----
CONTENIDO DE HUMEDAD %		ABRASIÓN %		
BASE	7.38	BASE	27.5	
SUB BASE	11.62	SUB BASE	29.5	
SUB RASANTE	-----			
DENSIDAD DE CAMPO gr/cc		CONTENIDO DE IMPUREZAS		
BASE	2.34	BASE	1	
		SUB BASE	2	

CALICATA 6				
PROGRESIVA		8+550		
GRANULOMETRÍA				
BASE		GW GM / A-1-a		
SUB BASE		SM / A-1-b		
SUB RASANTE		-		
LÍMITES DE CONSISTENCIA				
	LL %	LP %	IP %	CC
BASE	NP	NP	NP	NP
SUB BASE	25.52	22.74	2.78	0.14
SUB RASANTE	-	-	-	-
EQUIVALENTE DE ARENA %		DENSIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA		
BASE	48		P.E.MAX	P.E.MIN
SUB BASE	42.1	BASE	1.78	1.31
SUB RASANTE	----	SUB BASE	1.56	1.14
PROCTOR MODIFICADO			CBR	
	MDS gr/cc	COH %	100%	95%
BASE	2.148	7.56	BASE	85
SUB BASE	2.009	11.73	SUB BASE	36
SUB RASANTE	----	----	SUB RASANTE	----
CONTENIDO DE HUMEDAD %		ABRASIÓN %		
BASE	7.57	BASE	28.1	
SUB BASE	11.62	SUB BASE	29.1	
SUB RASANTE	----			
DENSIDAD DE CAMPO gr/cc		CONTENIDO DE IMPUREZAS		
BASE	2.33	BASE	2	
		SUB BASE	2	

CALICATA 7					
PROGRESIVA			10+030		
GRANULOMETRÍA					
BASE			GP GM / A-1-a		
SUB BASE			SM / A-1-b		
SUB RASANTE			-		
LÍMITES DE CONSISTENCIA					
	LL %		LP %	IP %	CC
BASE	NP		NP	NP	NP
SUB BASE	25.05		21.65	3.4	0.135
SUB RASANTE	-		-	-	-
EQUIVALENTE DE ARENA %			DENSIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA		
BASE	46.8			P.E.MAX	P.E.MIN
SUB BASE	43		BASE	1.65	1.25
SUB RASANTE	----		SUB BASE	1.57	1.15
PROCTOR MODIFICADO			CBR		
	MDS gr/cc	COH %		100%	95%
BASE	2.155	8.55	BASE	82	55
SUB BASE	2.01	11.51	SUB BASE	31	17
SUB RASANTE	----	----	SUB RASANTE	----	----
CONTENIDO DE HUMEDAD %			ABRASIÓN %		
BASE	8.59		BASE	28.4	
SUB BASE	11.54		SUB BASE	29.4	
SUB RASANTE	----				
DENSIDAD DE CAMPO gr/cc			CONTENIDO DE IMPUREZAS		
BASE	2.39		BASE	1	
			SUB BASE	1	

CALICATA 8					
PROGRESIVA			11+840		
GRANULOMETRÍA					
BASE			GW GM / A-1-a		
SUB BASE			SM / A-1-b		
SUB RASANTE			SM / A-2-4		
LÍMITES DE CONSISTENCIA					
	LL %		LP %	IP %	CC
BASE	NP		NP	NP	NP
SUB BASE	24.95		22.4	2.51	0.135
SUB RASANTE	27.05		23.63	3.42	0.153
EQUIVALENTE DE ARENA %			DENSIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA		
BASE	48			P.E.MAX	P.E.MIN
SUB BASE	43.9		BASE	1.61	1.17
SUB RASANTE	48		SUB BASE	1.62	1.17
PROCTOR MODIFICADO			CBR		
	MDS gr/cc	COH %		100%	95%
BASE	2.137	7.75	BASE	81	52
SUB BASE	2.008	11.8	SUB BASE	32	18
SUB RASANTE	2.013	10.8	SUB RASANTE	20	12
CONTENIDO DE HUMEDAD %			ABRASIÓN %		
BASE	7.76		BASE	28.6	
SUB BASE	11.94		SUB BASE	29.5	
SUB RASANTE	10.78				
DENSIDAD DE CAMPO gr/cc			CONTENIDO DE IMPUREZAS		
BASE	2.37		BASE	1	
			SUB BASE	1	

CALICATA 9					
PROGRESIVA			13+300		
GRANULOMETRÍA					
BASE			GW GM / A-1-a		
SUB BASE			SM / A-1-b		
SUB RASANTE			SM / A-2-4		
LÍMITES DE CONSISTENCIA					
	LL %		LP %	IP %	CC
BASE	NP		NP	NP	NP
SUB BASE	24.89		20.78	4.13	0.134
SUB RASANTE	25.02		22.85	2.18	0.135
EQUIVALENTE DE ARENA %			DENSIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA		
BASE	47.6			P.E.MAX	P.E.MIN
SUB BASE	43.4		BASE	1.75	1.32
SUB RASANTE	47.4		SUB BASE	1.6	1.21
PROCTOR MODIFICADO			CBR		
	MDS gr/cc	COH %		100%	95%
BASE	2.155	7.67	BASE	83	54
SUB BASE	2.02	12.5	SUB BASE	31	19
SUB RASANTE	2.021	10.8	SUB RASANTE	13	6
CONTENIDO DE HUMEDAD %			ABRASIÓN %		
BASE	7.72		BASE		29.7
SUB BASE	12.53		SUB BASE		29.3
SUB RASANTE	10.82				
DENSIDAD DE CAMPO gr/cc			CONTENIDO DE IMPUREZAS		
BASE	2.34		BASE		1
			SUB BASE		2

CALICATA 10					
PROGRESIVA			15+000		
GRANULOMETRÍA					
BASE			GP GM / A-1-a		
SUB BASE			SM / A-1-b		
SUB RASANTE			SM / A-2-4		
LÍMITES DE CONSISTENCIA					
	LL %		LP %	IP %	CC
BASE	NP		NP	NP	NP
SUB BASE	22.19		20.79	2.2	0.11
SUB RASANTE	24.33		22.63	1.7	0.129
EQUIVALENTE DE ARENA %			DENSIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA		
BASE	48			P.E.MAX	P.E.MIN
SUB BASE	43.8		BASE	1.65	1.22
SUB RASANTE	47.6		SUB BASE	1.6	1.21
PROCTOR MODIFICADO			CBR		
	MDS gr/cc	COH %		100%	95%
BASE	2.178	7.8	BASE	81	59
SUB BASE	2.027	11.24	SUB BASE	35	23
SUB RASANTE	1.983	12.1	SUB RASANTE	14	7
CONTENIDO DE HUMEDAD %			ABRASIÓN %		
BASE	7.82		BASE		30.2
SUB BASE	11.26		SUB BASE		28.9
SUB RASANTE	12.15				
DENSIDAD DE CAMPO gr/cc			CONTENIDO DE IMPUREZAS		
BASE	2.16		BASE		2
			SUB BASE		2

CALICATA 11					
PROGRESIVA			16+660		
GRANULOMETRIA					
BASE			GW GM / A-1-a		
SUB BASE			-		
SUB RASANTE			-		
LÍMITES DE CONSISTENCIA					
	LL %		LP %	IP %	CC
BASE	NP		NP	NP	NP
SUB BASE	-		-	-	-
SUB RASANTE	-		-	-	-
EQUIVALENTE DE ARENA %			DENSIDAD MÁXIMA Y MINIMA		
BASE	47.7			P.E.MAX	P.E.MIN
SUB BASE	-----		BASE	1.74	1.37
SUB RASANTE	-----		SUB BASE	-----	-----
PROCTOR MODIFICADO			CBR		
	MDS gr/cc	COH %		100%	95%
BASE	2.155	7.65	BASE	82	55
SUB BASE	-----	-----	SUB BASE	-----	-----
SUB RASANTE	-----	-----	SUB RASANTE	-----	-----
CONTENIDO DE HUMEDAD %			ABRASION %		
BASE	7.67		BASE	29.5	
SUB BASE	-----		SUB BASE	-----	
SUB RASANTE	-----				
DENSIDAD DE CAMPO gr/cc			CONTENIDO DE IMPUREZAS		
BASE	2.3		BASE	2	
			SUB BASE	-----	

CALICATA 12					
PROGRESIVA			18+600		
GRANULOMETRIA					
BASE			GW GM / A-1-a		
SUB BASE			-		
SUB RASANTE			-		
LIMITES DE CONSISTENCIA					
	LL %		LP %	IP %	CC
BASE	NP		NP	NP	NP
SUB BASE	-		-	-	-
SUB RASANTE	-		-	-	-
EQUIVALENTE DE ARENA %			DENSIDAD MÁXIMA Y MINIMA		
BASE	47.5			P.E.MAX	P.E.MIN
SUB BASE	-----		BASE	1.71	1.33
SUB RASANTE	-----		SUB BASE	-----	-----
PROCTOR MODIFICADO			CBR		
	MDS gr/cc	COH %		100%	95%
BASE	2.152	8.2	BASE	82	58
SUB BASE	-----	-----	SUB BASE	-----	-----
SUB RASANTE	-----	-----	SUB RASANTE	-----	-----
CONTENIDO DE HUMEDAD %			ABRASIÓN %		
BASE	8.21		BASE	29.3	
SUB BASE	-----		SUB BASE	-----	
SUB RASANTE	-----				
DENSIDAD DE CAMPO gr/cc			CONTENIDO DE IMPUREZAS		
BASE	2.33		BASE	2	
			SUB BASE	-----	



CALICATA 13					
PROGRESIVA			20+500		
GRANULOMETRIA					
BASE			GW GM / A-1-a		
SUB BASE			SM / A-1-b		
SUB RASANTE			SM / A-2-4		
LIMITES DE CONSISTENCIA					
	LL %		LP %	IP %	CC
BASE	NP		NP	NP	NP
SUB BASE	22.79		21.8	0.99	0.115
SUB RASANTE	22.99		20.19	2.81	0.117
EQUIVALENTE DE ARENA %			DENSIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA		
BASE	47.6			P.E.MAX	P.E.MIN
SUB BASE	43.6		BASE	1.74	1.32
SUB RASANTE	45.6		SUB BASE	1.61	1.17
PROCTOR MODIFICADO			CBR		
	MDS gr/cc	COH %		100%	95%
BASE	2.16	7.4	BASE	82	55
SUB BASE	2.03	11.3	SUB BASE	39	22
SUB RASANTE	1.995	12.4	SUB RASANTE	15	8
CONTENIDO DE HUMEDAD %			ABRASIÓN %		
BASE	7.35		BASE	27.9	
SUB BASE	11.31		SUB BASE	28.8	
SUB RASANTE	12.41				
DENSIDAD DE CAMPO gr/cc			CONTENIDO DE IMPUREZAS		
BASE	2.15		BASE	1	
			SUB BASE	2	



CALICATA 14					
PROGRESIVA			22+635		
GRANULOMETRÍA					
BASE			GP GM / A-1-a		
SUB BASE			SM / A-1-b		
SUB RASANTE			SM / A-2-4		
LÍMITES DE CONSISTENCIA					
	LL %		LP %	IP %	CC
BASE	NP		NP	NP	NP
SUB BASE	22.61		22.12	0.49	0.113
SUB RASANTE	22.52		20.02	2.5	0.113
EQUIVALENTE DE ARENA %			DENSIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA		
BASE	48			P.E.MAX	P.E.MIN
SUB BASE	42.9		BASE	1.8	1.38
SUB RASANTE	44		SUB BASE	1.55	1.15
PROCTOR MODIFICADO			CBR		
	MDS gr/cc	COH %		100%	95%
BASE	2.144	7.74	BASE	82	53
SUB BASE	2.029	11.4	SUB BASE	39	20
SUB RASANTE	1.991	12.4	SUB RASANTE	15	6
CONTENIDO DE HUMEDAD %			ABRASIÓN %		
BASE	7.67		BASE		26
SUB BASE	11.43		SUB BASE		28.5
SUB RASANTE	12.35				
DENSIDAD DE CAMPO gr/cc			CONTENIDO DE IMPUREZAS		
BASE	2.33		BASE		1
			SUB BASE		2

Los resultados de los ensayos realizados de las muestras se encuentran en:

ANEXO 5.2.2.a) ENSAYOS BASE

ANEXO 5.2.2.b) ENSAYOS SUB BASE

ANEXO 5.2.2.c) ENSAYOS TERRENO DE FUNDACION

ANEXO 5.2.2.d) PERFIL ESTRATIGRAFICO

ANEXO 5.2.2.e) CLASIFICACION ESTRATIGRAFICA

5.2.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS

El trazo de la vía se desarrolla por la actual plataforma del tramo carretero Chacachaca – Yunguyo – Kasani (Km. 0+000 – Km. 22+635). Las perforaciones de exploración de suelos se efectuaron por tanto en la plataforma vial, por lo que el perfil estratigráfico elaborado en base al análisis de los suelos refleja básicamente su estructura. Obtenidas las características de los suelos de acuerdo a los muestreos y ensayos realizados (clasificación de suelos, estratos, perfil estratigráfico) puede afirmarse que la actual plataforma está constituida por una variedad de suelos distribuidos heterogéneamente.

5.2.3.1 CAPACIDAD RELATIVA DE SOPORTE DE LOS SUELOS

De acuerdo a las características de los suelos, se efectuó la toma selectiva de muestras para ejecutar los ensayos de C.B.R. (MTC E 132) con la finalidad de establecer su capacidad relativa de soporte, obteniéndose los siguientes resultados:

TABLA 5. 4. Características de los suelos

PROGRESIVA	ESTRATO	LADO	CLASIFICACIÓN	CBR 100%	CBR 95%
0+000	BASE	IZQ.	GW GM / A-1-a	83	55
	SUBBASE		SM / A-1-b	27	16
	T.FUNDACION		----	----	----
1+800	BASE	DER.	GW GM / A-1-a	83	57
	SUBBASE		SM / A-1-b	28	16
	T.FUNDACION		----	----	----
3+300	BASE	IZQ.	GW GM / A-1-a	83	54
	SUBBASE		SM / A-1-b	40	18
	T.FUNDACION		----	----	----
5+000	BASE	DER.	GW GM / A-1-a	84	60
	SUBBASE		SM / A-1-b	28	19
	T.FUNDACION		SM/A-2-4	19	12
6+450	BASE	IZQ.	GP GM / A-1-a	86	59
	SUBBASE		SM / A-1-b	27	16
	T.FUNDACION		----	----	----

8+550	BASE	DER.	GW GM / A-1-a	85	59
	SUBBASE		SM / A-1-b	36	18
	T.FUNDACIÓN		----	----	----
10+030	BASE	IZQ.	GP GM / A-1-a	82	55
	SUBBASE		SM / A-1-b	31	17
	T.FUNDACIÓN		----	----	----
11+840	BASE	DER.	GW GM / A-1-a	81	52
	SUBBASE		SM / A-1-b	32	18
	T.FUNDACION		SM/A-2-4	20	12
13+300	BASE	DER.	GW GM / A-1-a	83	54
	SUBBASE		SM / A-1-b	31	19
	T.FUNDACION		SM/A-2-4	13	6
15+000	BASE	IZQ.	GP GM / A-1-a	81	59
	SUBBASE		SM / A-1-b	35	23
	T.FUNDACION		SM/A-2-4	14	7
16+660	BASE	DER.	GW GM / A-1-a	82	55
	SUBBASE		----	----	----
	T.FUNDACION		----	----	----
18+600	BASE	IZQ.	GW GM / A-1-a	82	58
	SUBBASE		----	----	----
	T.FUNDACION		----	----	----
20+500	BASE	DER.	GW GM / A-1-a	82	55
	SUBBASE		SM / A-1-b	39	22
	T.FUNDACION		SM/A-2-4	15	8
22+500	BASE	IZQ.	GP GM / A-1-a	82	53
	SUBBASE		SM / A-1-b	39	20
	T.FUNDACION		SM/A-2-4	15	6

Fuente: Elaboración propia

5.3 ESTUDIO DE CANTERAS

Con la finalidad de ubicar volúmenes disponibles de materiales con características geotécnicas adecuadas en relación con el uso a dar, la facilidad de acceso, los procedimientos de exportación y la distancia de transporte, se efectuó el reconocimiento y estudio de diversos tipos de materiales existentes en la zona.

Localizar una cantera es más que descubrir un lugar donde exista un volumen alcanzable y explotable de suelos para emplearse en una

determinada obra, satisfaciendo ciertas especificaciones de calidad y de volumen. Ese concepto implica además, tener en cuenta ciertos aspectos colaterales como su permanencia en el tiempo, en términos de riesgo por efecto de los fenómenos de geodinámica externa, o su situación legal, por citar dos de ellos. (VIVAR, 1995)

En resumen, podemos decir que una cantera es mejor:

- Por su calidad.
- Por su potencia y rendimiento.
- Por su accesibilidad y estado de las vías de acceso.
- Por su situación legal.

5.3.1 TRABAJOS DE CAMPO

Para el estudio de Canteras se han ejecutado los siguientes trabajos:

- Se ha realizado preliminarmente un reconocimiento a lo largo del tramo.
- Se ha verificado las áreas de influencias cercanas, quebradas, cauces secos, y todos los lugares que pudiesen acusar la existencia de materiales sedimentarios en el subsuelo de materiales granulares aparentes para construcción de las capas de base granular.
- Se ha localizado Canteras con un fácil acceso, fácil explotación y mínimas distancias de acarreo a la obra.

5.3.2 UBICACIÓN DE CANTERAS

La cantera que tiene materiales aparentes para el empleo o mejoramiento de base granular del tramo mencionado es:

5.3.2.1 CANTERA JAPU

La Cantera a ser explotada está ubicada en la Comunidad Campesina Challacollo.

Progresiva: 7+300 Km. De Chacachaca.

Potencia: Ilimitada.

TABLA 5. 5. Cantera Japu

CANTERA		
Ubicación	Comunidad Campesina Challacollo	
Acceso	7300 metros de cantera hasta el km 00-000 inicio de tramo	
Potencia	Se ha ubicado en 03 zonas en el mismo lecho del rio	
Periodo de Explotación	Solo Abril a diciembre; acumulación con tractor	
Profundidad de Explotación	Altura de promedio del corte de talud 1 50m	
Material	Aluvial TM. 5".	
Textura	Rugosa	
Dureza	Media	
Observaciones : el acceso está en regular condición los 6300m.. para la mezcla de base granular se debe zarandear en la malla 2"		
Rendimiento	Para base granular	50%

Fuente: Elaboración propia

ZONA 01

Área de explotación

$300 \times 30 \times 1.50 = 13500$ metros cúbicos en bruto sin zarandeo

COORDENADAS

Este = 465135

Norte = 8194564



FOTO 5. 4. Zona 01 de la Cantera

ZONA 02

Área de explotación

$200 \times 30 \times 1.00 = 6000$ metros cúbicos en bruto sin zarandeo

COORDENADAS

Este = 464600

Norte = 8194478



FOTO 5. 5. Zona 02 de la Cantera

ZONA 03

Área de explotación

$200 \times 30 \times 1.00 = 6000$ metros cúbicos en bruto sin zarandeo

COORDENADAS

Este = 464051

Norte = 8194103



FOTO 5. 6. Zona 03 de la Cantera

5.3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

Los análisis de laboratorio de los materiales se han realizado con la finalidad de que la certificación de su calidad se encuentre dentro de cada una de las exigencias de las Especificaciones Técnicas para las obras indicadas para la Construcción de Carreteras (EG 2000).

Se aprecia las fotografías de las Canteras que serían utilizados en todo el tramo y los resultados de los ensayos de Laboratorio de acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales para carreteras del MTC (EM-2000).

De los materiales obtenidos en la cantera o zona, se tomaron muestras para determinar en el Laboratorio sus características físicas – mecánicas y químicas.

El programa de ensayos comprendió de los siguientes ensayos:

- Análisis Granulométrico MTC E 107 (ASTM-D-422)
- Límites de Consistencia
- Límite Líquido MTC E 110 (ASTM-D-423)
- Límite Plástico MTC E 111 (ASTM-D-424)
- Cantidad de Material menor que la N° 200 MTC E 202 (ASTM-D-1140)
- Densidad del suelos MTC E 203 (ASTM-C-29)
- Clasificación de SUCS ASTM-D-2487
- Clasificación AASHTO ASTM D-3282
- Determinación Humedad-Densidad(P. Modificado)MTC E 115 (ASTM D-1557)
- (CBR) Método del Cuerpo de Ingenieros MTC E 132 (ASTM-D-1883)
- Prueba de Abrasión los Ángeles

ANEXO 5.3.3.a) ENSAYOS CANTERA

La cantera de la cual se realizaron los ensayos fue la cantera de Japu, de la cual se colectaron tres muestras. El siguiente cuadro muestra un resumen de estos:

TABLA 5. 6. Características del material de la Cantera

MUESTRA	GRANULOMETRÍA					
	CLASIFICACION	D60 (mm)	D30 (mm)	D10 (diámetro efectivo)mm:	Coefficiente de uniformidad (Cu):	Grado de curvatura (Cc):
M I	GW GM / A-1-a	7.76	1.19	0.11	68.44	1.62
M II	GW GM / A-1-a	7.84	1.10	0.12	68.04	1.35
M III	GW GM / A-1-a	7.71	1.08	0.12	61.86	1.20
MUESTRA	LÍMITES DE CONSISTENCIA					
	L.L	L.P		I.P		
M I	24.09	23.02		1.02		
M II	22.77	21.05		1.72		
M III	21.21	20.01		1.2		
MUESTRA	ABRASIÓN					
M I	30.30%					
M II	29.70%					
M III	29.80%					
MUESTRA	DENSIDAD					
	P.EMIN			P.EMAX		
M I	1.31			1.81		
M II	1.2			1.63		
M III	1.41			1.81		
MUESTRA	EQ. ARENA					
M I	41.80%					
M II	44.70%					
M III	42.90%					
MUESTRA	PESO ESPECÍFICO - FINOS					
M I	2.54 gr/cm ³					
M II	2.51 gr/cm ³					
M III	2.64 gr/cm ³					
PESO ESPECÍFICO - ABSORCION						
	PESO ESPECIFICO	P.E SUPERFICIALMENTE SECA		P.E APARENTE		ABSORCION
M I	2.29 gr/cm ³	2.41 gr/cm ³		2.60 gr/cm ³		5.19%
M II	2.28 gr/cm ⁴	2.41 gr/cm ⁴		2.64 gr/cm ⁴		6.03%
M III	2.24 gr/cm ⁵	2.39 gr/cm ⁵		2.63 gr/cm ⁵		6.55%
MUESTRA	PROCTOR					
	MDS			OCH		

M I	2.152	7.86
M II	2.19	1.63
M III	2.154	1.81
MUESTRA	CBR	
	100%	95%
M I	82%	55%
M II	83%	59%
M III	83%	54%

Fuente: Elaboración propia

5.4 FUENTES DE AGUA

Durante el recorrido por la carretera, se ha podido identificar varias fuentes de agua, las cuales la que han sido escogidas por su accesibilidad, la longitud de acceso a la misma, la facilidad para la extracción de agua y por ser apta para la realización de los trabajos.

TABLA 5. 7. Ubicación de Ríos o puntos de agua.

Nombre del río	Ubicación Progresiva	Calidad del agua	Caudalps.	Descripción
Ticaraya	4+ 940	Con apariencia de buena Calidad.	15	Es un rio que se encuentran al costado del C.P.de Chatuma..
Río Chimbo	8-860	Con apariencia de buena Calidad.	20	Es un rio que se encuentran al costado del C.P.de Chimbo.
Río Cuturapi	10 + 860	Sin agua.	----	Existen defensas ribereñas construidas a ambos márgenes del río y se ubica al costado del Distrito de Cuturapi
Río Queñuani	12 + 840	Con apariencia de buena calidad	11	Cruza el C.P. de Queñuani.
Río ColqueJahuirá	14+100	Con apariencia de buena calidad.	8	Cuyas nacientes se encuentran en el cerro Kapía.
Río Imicate	16+720	Sin agua.	----	Existen defensas ribereñas construidas a ambos márgenes del río.

Fuente: Elaboración propia

5.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES DE AGUA

Se ha realizado el análisis de las diferentes fuentes de agua con la finalidad de determinar si son éstas óptimas para su uso (en riego y batido de material de conformación de relleno y base)

El siguiente cuadro presenta los parámetros de las Normas NTPy los obtenidos para fuentes de agua:

TABLA 5. 8. Análisis de Agua

DESCRIPCION	pH	CLORUROS	SULFATOS
Río Chimbo	6.79	127 ppm.	94 ppm.
Normas NPT	5.5 a 8	Max. 300 ppm.	Max.300 ppm.

Fuente: Elaboración propia

Las características de agua son similares en todas las fuentes por tener el mismo origen.

5.4.2. PUESTO EN USO

El uso general de las fuentes de agua se ha de realizar evitando en todo momento la contaminación de las mismas, además éstas serán limpias, transparentes e incoloras. Para abastecer los tanques cisterna se utilizará motobombas. En caso de que el agua presente impurezas, o esté turbia y contaminada; el agua deberá de eliminarse.

Se deberá de tomar muestras de agua antes de iniciar los trabajos a fin de verificar que se permanezca dentro de los parámetros de las Normas NTP.

ANEXO 5.3.3.b) PLANO CANTERA Y FUENTES DE AGUA, CAMPAMENTO

CAPÍTULO VI

6. HIDROLOGÍA Y DRENAJE

6.1 GENERALIDADES

Los análisis se efectúan para obtener información espacial y temporal acerca de ciertas variables, generalizaciones regionales y relaciones entre las variables. Los componentes pertinentes, con frecuencia, no se miden directamente. Los análisis se pueden llevar a cabo a través de diferentes enfoques, como son el paramétrico, probabilístico y estocástico.

Existen variables que se miden directamente, como la temperatura, humedad relativa, evaporación, el nivel y la velocidad del agua, o que se calculan directamente a partir de mediciones, como el caudal. Hay otras variables que se calculan a partir de una muestra de mediciones directas, por ejemplo la cantidad de precipitaciones en una cuenca.

Desde el punto de vista hidrológico se entiende por la disponibilidad hídrica a la cantidad de agua que se dispone en un sistema hidrológico para abastecer la demanda existente y futura. Esta cantidad puede provenir directamente de la lluvia o de los ríos, quebradas, lagunas y entre otros.

El estudio Hidrológico nos permitirá evaluar el funcionamiento de las diferentes obras hidráulicas existentes, como son: tajeas, alcantarillas, pontones, cunetas, obras de arte y drenaje, etc.

6.2 OBJETIVOS.

Los objetivos del estudio hidrológico son:

- Determinar el comportamiento de las variables climáticas
- Determinar la variación de las precipitaciones mensuales.
- Determinar la intensidad de precipitación para diversos periodos de retorno.
- Determinar las avenidas y caudales de diseño.
- Evaluar los parámetros hidrológicos, que fueron utilizados en el diseño de las infraestructuras hidráulicas.

6.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA.

El ámbito del área en estudio, pertenece al sistema Titicaca, Desaguadero, Poopo y Salar de Coipasa (TDPS), y a la Cuenca endorreica del Lago Titicaca, con una altitud promedio de 3,826 m.s.n.m.;

6.2.2 ASPECTOS CLIMÁTICOS.

La información meteorológica, de las estaciones Desaguadero Juli e Ilave, se obtuvo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI, con longitud de registro de 48 años (1960 al 2007); la ubicación política y geográfica se presenta en el siguiente cuadro:

TABLA 6. 1. Ubicación de las estaciones meteorológicas consideradas.

ESTACIÓN		DESAGUADERO	JULI	ILAVE
TIPO		CO	CO	CO
CODIGO		1116060	110880	116027
UBICACIÓN POLITICA	Dpto.	Puno	Puno	Puno
	Provincia	Chucuito	Chucuito	Chucuito
	Distrito	Desaguadero	Juli	Ilave
UBICACIÓN GEOGRAFICA	Latitud Sur	16°33'48"	16°12'13"	16°05'17"
	Longitud Oeste	69°02'19"	69°27'35"	69°38'42"
	Altitud (msnm)	3860	3812	3880

Fuente: Elaboración propia

Se reconoce un clima frígido de alta montaña, en estrecha relación con la configuración del relieve.

Clima frío boreal-seco en invierno con temperatura media superior a 10°C, y inferiores a 20°C bajo cero.

El clima que caracteriza a las cuencas en estudio es propio de la meseta altiplánica, destacando las bajas temperaturas y las precipitaciones en forma sólida (nieve).

Las mayores precipitaciones se presenta entre Enero y Abril y las menores entre Junio y Setiembre. Estas últimas coinciden con la presencia estacional en la atmósfera del altiplano, de masa de aire superior que se caracterizan por ser frías, secas y estable originando un periodo de cielos despejados, donde las nubes son escasas y no alcanzan gran desarrollo vertical. Este fenómeno hace que la incidencia de radiación solar sobre la superficie sea alta, provocando también una alta evaporación, la cual es más acentuada en las cercanías de las lagunas o lago Titicaca.

En general hay dos estaciones principales, las cuales son modificadas, por la topografía, dando un “Clima Cordillerano” y un “Clima Altiplánica”, se puede ver que el altiplano tiene un periodo frío entre Mayo y Agosto, este último es particularmente un mes con mucho viento. Las temperaturas máximas se dan entre Octubre y Marzo, coincidiendo es estos meses con las máximas precipitaciones.

El clima Cordillerano puede ser subdividido en dos tipos: de Puna y de Valle. El clima de Puna Alta tiene un régimen de estaciones similares al altiplano, teniendo los meses más fríos entre Mayo y Setiembre con temperaturas que descienden hasta 10°C bajo cero. Durante el estudio, se registró una temperatura mínima de 22°C bajo cero. Las precipitaciones máximas se dan entre Setiembre y Marzo y entre Abril y Agosto se registra la menor Pluviosidad. El clima de valle o zonas de Lago Titicaca son

mejoras que de Puna alta, con temperaturas promedio de 13°C. y la mínimas 3°C.

6.2.2.1 TEMPERATURA MEDIA

La temperatura expresa numéricamente el efecto que en los cuerpos produce el calor originado por el balance entre la radiación emitida y recibida. El aire se calienta o enfría a partir del suelo por distintos métodos de transmisión y por los cambios de estado físico del agua atmosférica.

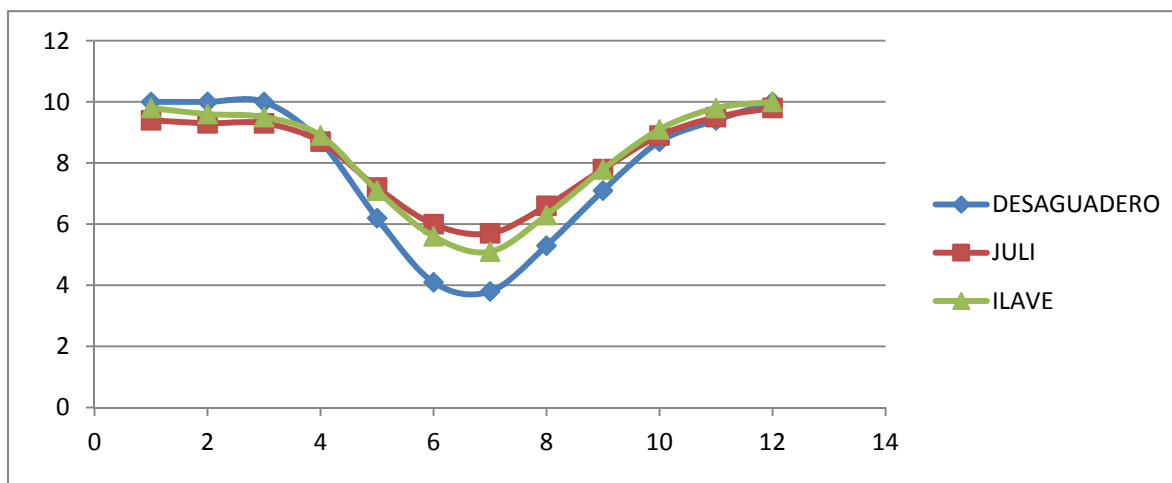
Debido a las diferencias de altitud, exposición a los vientos y al sol e influencia del lago Titicaca, existen algunas variaciones en la distribución de la temperatura media del aire en la cuenca. En toda la región las temperaturas medias más bajas se producen en el mes de Julio, mientras que las más elevadas se registran en los meses de Noviembre a Marzo, por lo general centradas en Enero.

TABLA 6. 2. Temperaturas medias mensuales

MES	DESAGUADERO	JULI	ILAVE	PROMEDIO
ENERO	10	9.4	9.8	9.7
FEBRERO	10	9.3	9.6	9.6
MARZO	10	9.3	9.5	9.6
ABRIL	8.7	8.7	8.9	8.8
MAYO	6.2	7.2	7.1	6.8
JUNIO	4.1	6	5.6	5.2
JULIO	3.8	5.7	5.1	4.9
AGOSTO	5.3	6.6	6.3	6.1
SEPTIEMBRE	7.1	7.8	7.8	7.6
OCTUBRE	8.7	8.9	9.1	8.9
NOVIEMBRE	9.4	9.5	9.8	9.6
DICIEMBRE	10	9.8	10	9.9

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO 6. 1. Variación Mensual de la Temperatura Media (°C) – Estaciones de Desaguadero, Juli e Ilave.



Fuente: Elaboración propia

6.2.2.2 HUMEDAD RELATIVA

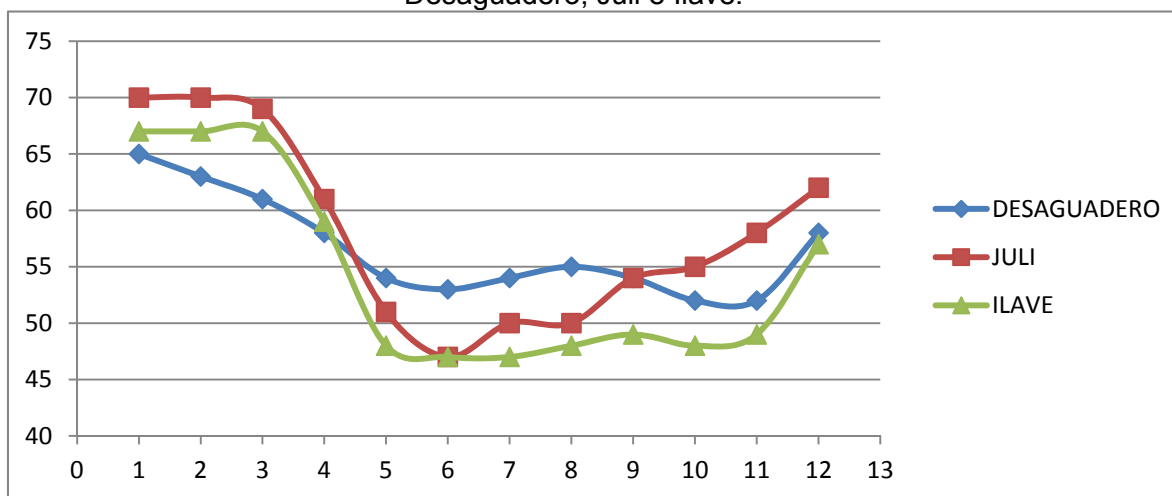
La humedad relativa es una expresión de lo máximo posible en términos relativos. La humedad relativa no dice nada de cuanto vapor hay en la masa, dice cuanto está ocupado de la masa por vapor. La temperatura es la que permite saber cuánto vapor de agua hay en la atmósfera. En la Tabla 6.3, se presenta los valores de humedad relativa de las estaciones consideradas y en el Gráfico 6.2, se muestra su variación mensual.

TABLA 6. 3. Humedad Relativa Media Mensual (%) – Estaciones Desaguadero, Juli, Ilave.

MES	DESAGUADERO	JULI	ILAVE	PROMEDIO
ENERO	65	70	67	67.3
FEBRERO	63	70	67	66.7
MARZO	61	69	67	65.7
ABRIL	58	61	59	59.3
MAYO	54	51	48	51.0
JUNIO	53	47	47	49.0
JULIO	54	50	47	50.3
AGOSTO	55	50	48	51.0
SEPTIEMBRE	54	54	49	52.3
OCTUBRE	52	55	48	51.7
NOVIEMBRE	52	58	49	53.0
DICIEMBRE	58	62	57	59.0

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO 6. 2. Variación Mensual de la Humedad Relativa Media (%) – Estaciones Desaguadero, Juli e Ilave.



Fuente: Elaboración propia

6.2.2.3 EVAPORACIÓN

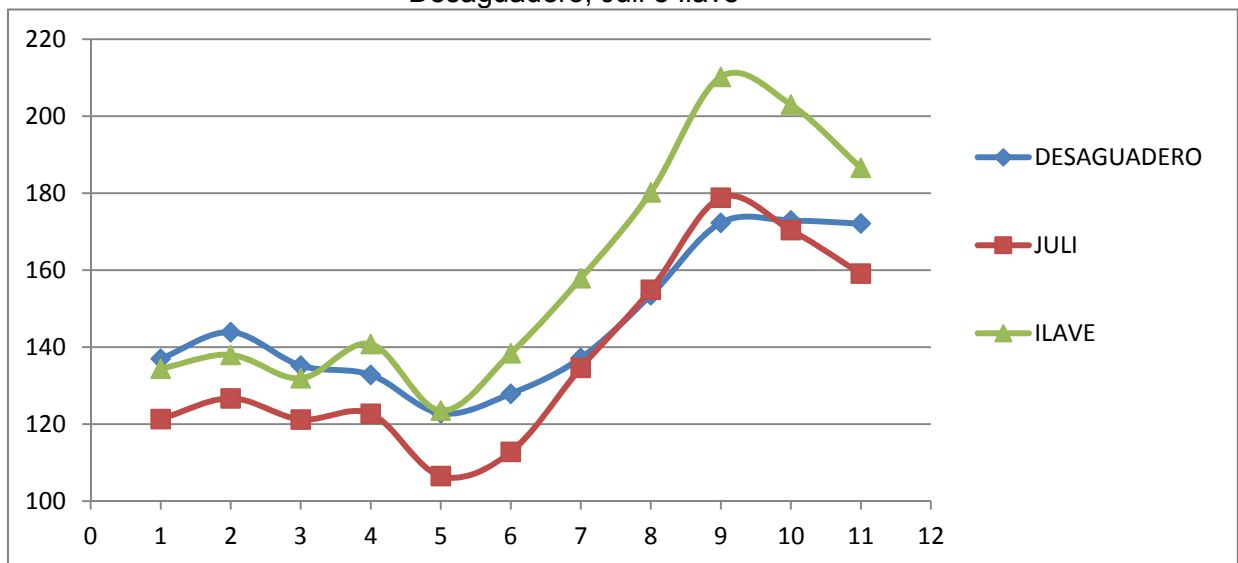
La evaporación es el proceso físico mediante el cual el agua se convierte a su forma gaseosa. La evaporación del agua a la atmósfera ocurre en la superficie de ríos, lagos, suelos y vegetación. La evaporación es otro de los elementos principales de la fase del ciclo hidrológico. En la Tabla 6.4, se presentan los valores de la evaporación total mensual de las estaciones Desaguadero, Juli e Ilave; y en el gráfico, se muestra la variación mensual de la evaporación.

TABLA 6. 4. Evaporación Total Mensual (mm) – Estaciones Desaguadero, Juli e Ilave

MES	DESAGUADERO	JULI	ILAVE	PROMEDIO
ENERO	154	142.4	154.9	150.4
FEBRERO	137	121.3	134.4	130.9
MARZO	143.9	126.7	138	136.2
ABRIL	135.2	121.2	131.9	129.4
MAYO	132.8	122.7	140.8	132.1
JUNIO	122.8	106.5	123.5	117.6
JULIO	127.9	112.8	138.4	126.4
AGOSTO	137.2	134.6	157.9	143.2
SEPTIEMBRE	153.5	154.9	180.2	162.9
OCTUBRE	172.3	178.8	210.2	187.1
NOVIEMBRE	172.9	170.4	203	182.1
DICIEMBRE	172.1	159.1	186.6	172.6
TOTAL	1761.6	1651.4	1899.8	1770.9

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO 6. 3. Variación Mensual de la Evaporación (mm) – Estaciones Desaguadero, Juli e llave



Fuente: Elaboración propia

6.2.2.4 PRECIPITACIÓN

La precipitación es la fase del ciclo hidrológico que da origen a todas las corrientes superficiales y profundas, debido a lo cual su evaluación y el conocimiento de su distribución, tanto en el tiempo como en el espacio, son problemas básicos en hidrología. Se le puede llamar precipitación a cualquier tipo de agua que cae de las nubes sobre la superficie de la tierra, ya sea en estado sólido o en estado líquido, esto incluye lluvia, llovizna, nieve, granizo, generalmente, menos la neblina y rocío. La información cuantitativa de la precipitación se presenta en el siguiente ítem.

6.2.2.4.1 ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN.

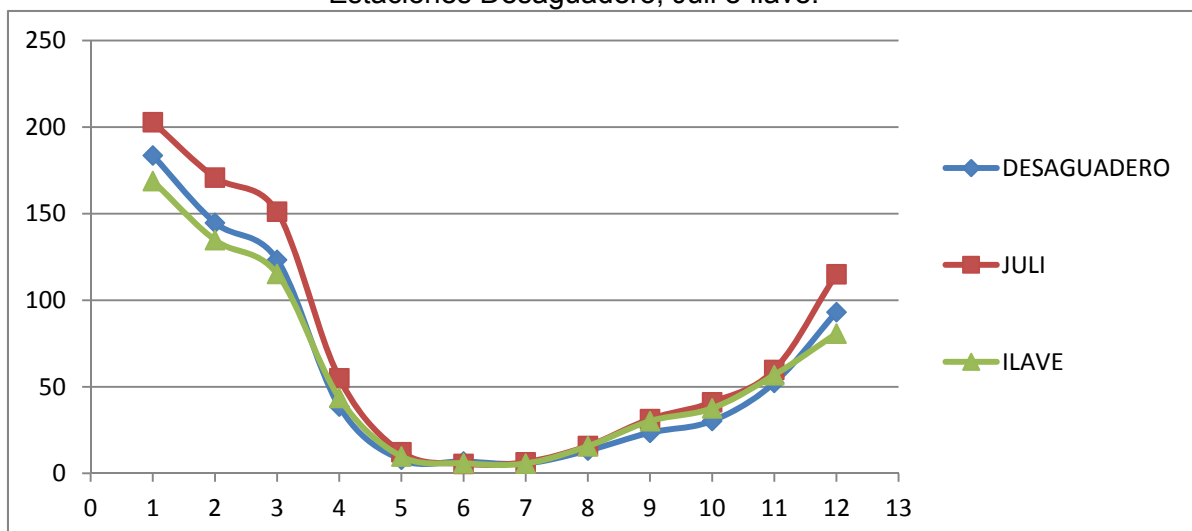
La información pluviométrica disponible corresponde a las estaciones de Desaguadero, Juli e llave; La información histórica de la precipitación total mensual para el periodo 1960 – 2007, se presenta en la tabla, y en la figura, se muestra la uniformidad de variación de la precipitación en todas las estaciones, lo que demuestra el carácter estacional de la precipitación en toda la región.

**TABLA 6. 5. Precipitación total mensual (mm) – Promedio (1960 – 2007)
Estaciones Desaguadero, Juli e Ilave**

MES	DESAGUADERO	JULI	ILAVE	PROMEDIO
ENERO	183.7	202.9	168.9	185.2
FEBRERO	144.8	170.9	134.8	150.2
MARZO	123.4	151.2	115.3	130.0
ABRIL	38.6	55	43.6	45.7
MAYO	7.9	12.3	9.8	10.0
JUNIO	6.9	5.5	5.8	6.1
JULIO	5.7	6.5	5.7	6.0
AGOSTO	13.2	15.9	15.7	14.9
SEPTIEMBRE	23.5	31.4	30.2	28.4
OCTUBRE	30.3	41.1	37.6	36.3
NOVIEMBRE	52.3	59.8	56.8	56.3
DICIEMBRE	93.2	115.1	80.8	96.4
	723.5	867.6	705	765.4

Fuente: Elaboración propia

**GRAFICO 6. 4. Variación Mensual de la Precipitación (mm) – Promedio (1960-2007) -
Estaciones Desaguadero, Juli e Ilave.**



Fuente: Elaboración propia

En los gráficos se presentan la distribución mensual de la precipitación de la estación Desaguadero, Juli e Ilave, respectivamente; y se puede apreciar el carácter estacional de la misma y en forma uniforme en toda la región se presenta dos periodos en general, uno más lluvioso localizado en el verano (debido al descenso de la zona de convergencia intertropical), y otro con precipitaciones menores en el invierno (la dislocación hacia el

norte de la zona de convergencia tropical ocasiona un movimiento de aire muy seco y estable)

GRAFICO 6. 5. Precipitación total mensual – Promedio (1960-2007) - Estación Desaguadero

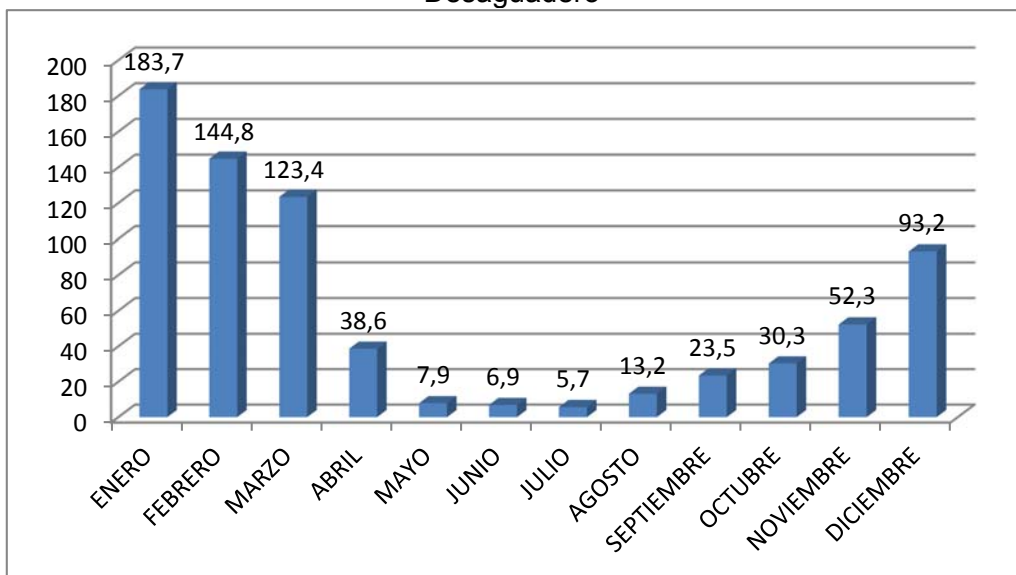


GRAFICO 6. 6. Precipitación total mensual – Promedio (1960-2007) - Estación Juli.

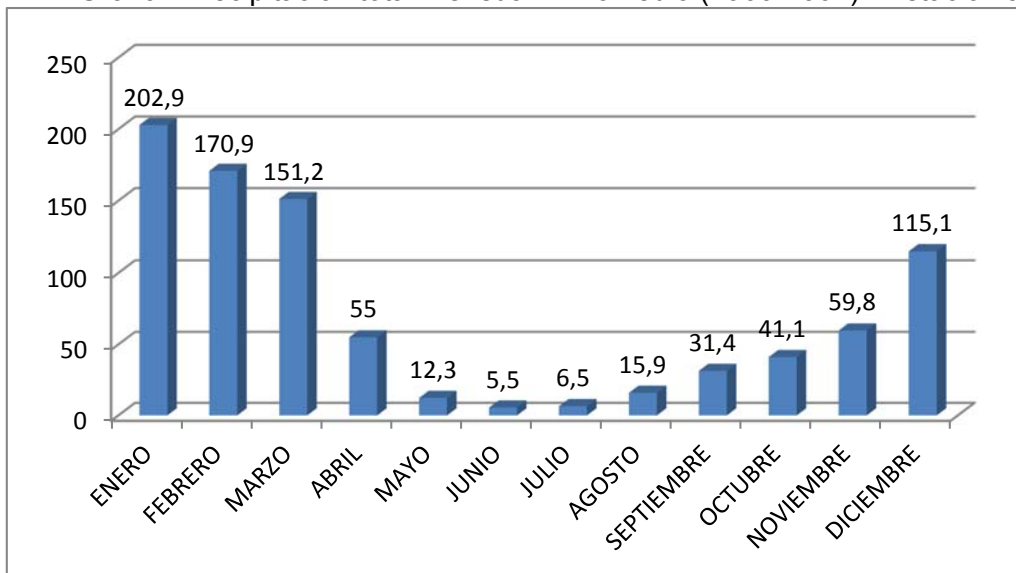
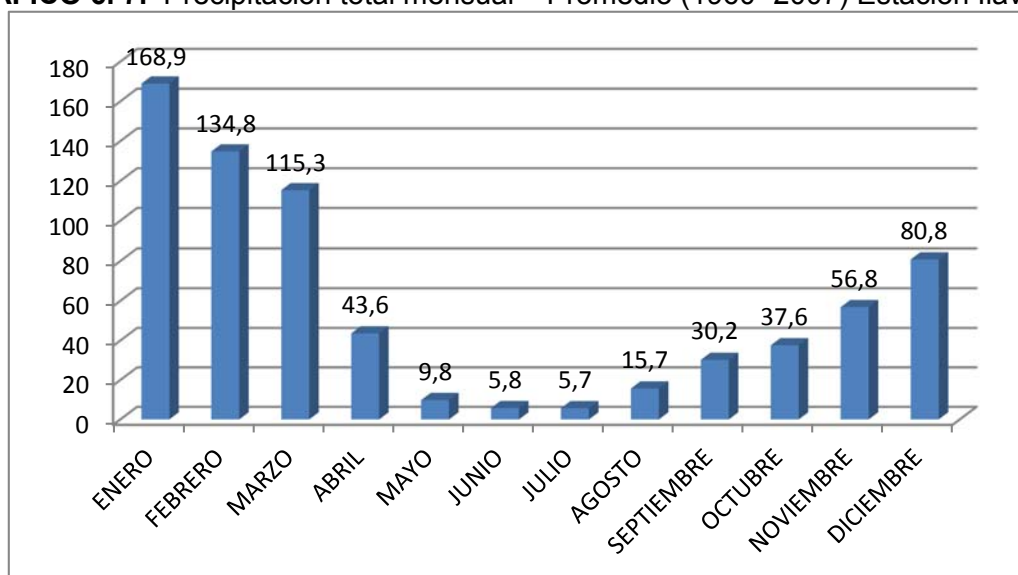


GRAFICO 6. 7. Precipitación total mensual – Promedio (1960- 2007) Estación Ilave



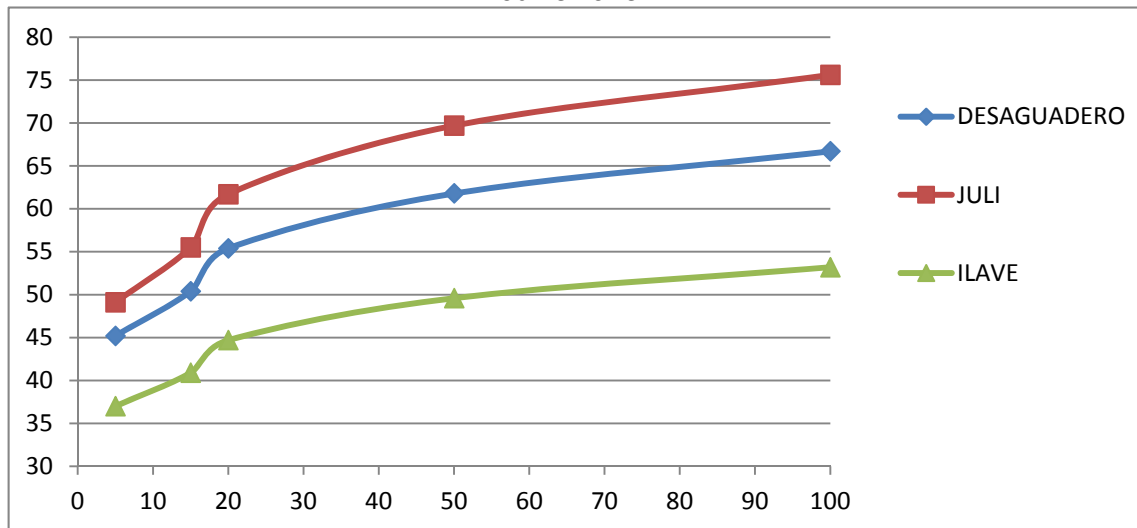
Se ha realizado el análisis de frecuencia de las precipitaciones máximas en 24 horas, para el cual se ha utilizado la información disponible de serie anual de precipitaciones máximas en 24 horas correspondientes al periodo de 1960 a 2007 de las estaciones Desaguadero, Juli e Ilave. En la tabla, se presentan la precipitaciones máximas de 24 horas para diferentes periodos de retorno; se muestra gráficamente.

TABLA 6. 6. Precipitaciones Máximas en 24 horas (mm), Estaciones Desaguadero, Juli e Ilave.

ESTACION	ALTITUD (m.s.n.m)	PERIODO DE RETORNO (Años)				
		5	15	20	50	100
DESAGUADERO	3860	45.2	50.4	55.4	61.8	66.7
JULI	3812	49.1	55.5	61.8	69.7	75.6
ILAVE	3880	37	40.9	69.7	49.6	53.2

Fuente: Elaboración propia

GRAFICO 6. 8. Precipitaciones Máximas en 24 horas (mm) Estaciones, Desaguadero, Juli e Ilave



Fuente: Elaboración propia

6.2.3 CAUDALES DE DISEÑO.

La Hidrometría se encarga de medir, registrar, calcular y analizar los volúmenes de agua que circulan en una sección transversal de un río, canal o tubería en la unidad de tiempo. Los escurrimientos en una cuenca se dividen en: Superficial y subterráneo, en el presente se trata del primero. El superficial es el que se manifiesta por encima del terreno natural, primariamente laminar hasta que luego se va concentrando en cauces, y sale finalmente de la cuenca. Se lo denomina rápido, por el tiempo es el primer escurrimiento que se manifiesta en la sección de control de la cuenca.

Caudal, es el volumen de agua por unidad de tiempo que pasa por una sección de un cauce. Sus unidades normales son m^3/s o l/s . Para el caso, como los caudales son mínimos se medirá en l/s .

6.2.4. DRENAJES Y OBRAS DE ARTE

La humedad es una característica muy especial de los pavimentos, ya que ésta reviste gran importancia sobre las propiedades de los materiales que

forman la estructura de un pavimento y sobre el comportamiento de los mismos. El exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas, se anticipan con el tiempo para ocasionar daño a las estructuras de pavimento.

El agua penetra dentro de la estructura del pavimento por muchos medios, tales como grietas, juntas o infiltraciones del pavimento o como corriente subterránea de un acuífero interrumpido, elevando el nivel freático o como fuente localizada (sin drene, atrapada, etc.)

El sistema de drenaje de un camino tiene esencialmente dos finalidades:

- Preservar la estabilidad de la superficie y del cuerpo de la plataforma del camino eliminando el exceso de agua superficial y la subsuperficial con las adecuadas obras de drenaje.
- Restituir las características de los sistemas de drenaje y/o de conducción de aguas, natural del terreno o artificial construida previamente, que serían dañadas o modificadas por la construcción del camino; y que sin un debido cuidado en la ejecución, resultarían causando daños, algunos posiblemente irreparables, en el medio ambiente

La aplicación de estos criterios, lleva al diseño de soluciones de ingeniería, que por su naturaleza se agrupan en la forma siguiente:

- Drenaje Superficial
- Drenaje Subterráneo

Para el desarrollo del presente estudio a la fecha se considera que el coeficiente de escorrentía varía de 0.7 a 0.95 (para el caso de pavimentos de concreto y asfalto) debido al grado de permeabilidad y naturaleza de la superficie de la cuenca.

En las visitas realizadas se ha observado “in situ” el comportamiento de las mínimas obras de arte existentes y las características de los cauces que cruzan estas estructuras y el camino en general.

Las estructuras de drenaje estudiadas operan con la máxima descarga de agua para un periodo de retorno definitivo denominado caudal de diseño. Este caudal se calcula con la precipitación máxima horaria y el área a drenar.

Con los datos de las precipitaciones máximas en 24 horas, se ha determinado la frecuencia de precipitaciones, es decir la máxima precipitación que se espera cada cierto número de años (periodo de retorno), como se ha mostrado en la tabla 6.6.

INTENSIDAD MÁXIMA

Las intensidades máximas de precipitación pluvial (mm/h), se calcularán según el modelo matemático de Yance Tueros, la siguiente ecuación:

$$I_{\max} = 0.4602 (P_{\max 24h})^{0.875}$$

Donde:

I_{\max} = Intensidad máxima de precipitación para el periodo de retorno considerado en mm.

$P_{\max 24h}$ = Precipitación máxima en 24 hrs. Para el periodo de retorno considerado en mm.

CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO

Con la información procesada se podrá determinar el caudal máximo esperado, para dicho cálculo basta conocer el área de la cuenca que para este caso es de 4,772km² para nuestro país. La fórmula que se va utilizar para hallar el Caudal de Diseño será por medio del Método Racional que se utiliza para estos casos:

$$Q = 0.278 CIA$$

Donde:

Q = Caudal en m^3/s

C = Coeficiente de escorrentía.

I = Intensidad de la Precipitación Pluvial Máxima (mm/h)

A = Área de la cuenca (Km^2)

6.2.4.1 Drenaje Superficial

El drenaje superficial tiene como finalidad alejar las aguas del camino, para evitar el impacto negativo de las mismas sobre su estabilidad, durabilidad y transitabilidad.

El adecuado drenaje es esencial para evitar la destrucción total o parcial de un camino y reducir los impactos indeseables al ambiente debido a la modificación de la escorrentía a lo largo de este. (CORONADO, 2002).

El drenaje superficial comprende:

- La recolección de las aguas procedentes de la plataforma y sus taludes.
- La evacuación de las aguas recolectadas hacia cauces naturales
- La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por el camino.

6.2.4.1.1 Elementos Físicos del Drenaje Superficial

a. Cunetas:

Las cunetas preferentemente serán de sección triangular y se proyectarán para todos los tramos al pie de los taludes de corte.

Sus dimensiones serán fijadas de acuerdo a las condiciones pluviales.

Se han encontrado cunetas de sección triangular de 0.50 x 0.75m (alto por ancho) de forma triangular, similar al talud.

Cálculo de capacidad de cuneta:

Se determinará por medio de la fórmula de Maning:

$$Q = (AR^{2/3} S^{1/2})/n$$

Donde:

Q = Caudal en m³/s

A = Area Hidráulica (m²)

R = Radio Hidráulico (m)

S = Pendiente.

TABLA 6. 7. Dimensiones Mínimas de las Cunetas

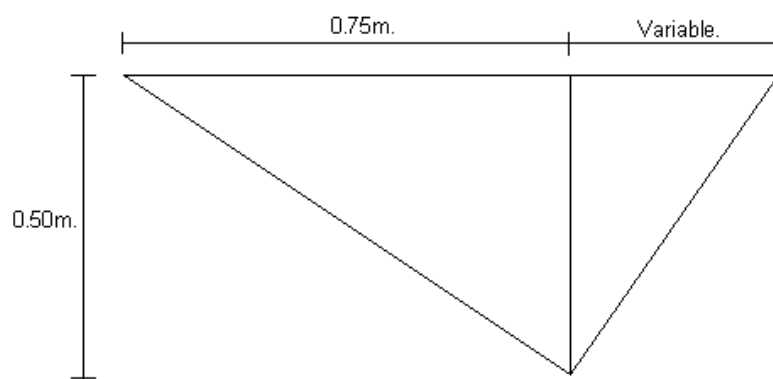
DIMENSIONAMIENTO		PARÁMETROS DE DISEÑO					CAUDAL
b (m)	a (m)	Área Hidráulica A (m ²)	Perímetro Mojado P (m)	Radio Hidráulico R (m)	Pendiente S	n	Q (m ³ /seg)
0.75	0.50	0.12	1.12	0.11	0.16	0.025	0.43

Fuente: Elaboración propia

Capacidad de Cuneta vs Caudal de diseño
0.43 > 0.175 Ok.

Por lo tanto las cunetas existentes satisfacen la necesidad; solo requieren de limpieza más no de reconstrucción.

CARÁCTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA CUNETA



b. Zanja de recolección:

La zanja de recolección será necesaria para llevar las aguas de las alcantarillas de alivio hacia los cursos de agua existente. Las dimensiones se fijarán de acuerdo a las condiciones pluviométricas de la zona y características del terreno.

c. Canal de bajada:

Cuando el camino en media ladera o en corte cerrado cruza un curso de agua que no es posible desviar, es necesario encauzar las aguas en un canal de bajada revestida, con el fin también de preservar la estabilidad del talud.

d. Alcantarillas de Paso y Alcantarillas de alivio:

El tipo de alcantarilla deberá de ser elegido en cada caso teniendo en cuenta el caudal a eliminarse, la naturaleza y la pendiente del cauce; y el costo en relación con la disponibilidad de los materiales.

La cantidad y la ubicación deberán establecerse a fin de garantizar el funcionamiento del sistema de drenaje.

La carretera actualmente cuenta con un sistema de drenaje en todo su recorrido, tanto obras destinadas al drenaje superficial como pluvial.

El diámetro de las tuberías son de dos dimensiones como se indica en la siguiente tabla:

DIÁMETRO TUB. (m)	MÁXIMO CAUDAL (m³/seg)	VELOCIDAD (m/seg)
0.90 (36")	1.15	1.81
1.50 (60")	4.25	2.41

Fuente: ERA (Alcantarillas TMC)

e. Badenes:

Los badenes son una solución satisfactoria para los cursos de agua que descienden por quebradas cuyo nivel de fondo de cauce coincide con el nivel de la rasante. Descargando materiales sólidos esporádicamente con fuerza durante algunas horas, en épocas de lluvia.

Los badenes tienen como superficie de rodadura una capa de empedrado de protección o cuentan con una superficie mejorada formada por una losa de concreto.

Evitar la colocación de badenes sobre depósitos de suelos de grano fino susceptibles a la socavación, evitar también la adopción de diseños que no prevean protección contra la socavación.

6.2.4.2 Drenaje Subterráneo

El drenaje subterráneo se proyectará para controlar y/o limitar la humedad de la plataforma del camino y de los diversos elementos del pavimento de una carretera.

Sus funciones serán alguna o varias de las siguientes:

- Interceptar y desviar corrientes subsuperficiales y/o subterráneas antes de que lleguen al lecho de la carretera.
- Hacer descender el nivel freático.
- Sanear las capas del pavimento.

6.2.5 EFECTOS DEL AGUA SOBRE EL PAVIMENTO

Los efectos de esta agua (cuando está atrapada dentro de la estructura) sobre el pavimento son los siguientes:

- Obligadamente reduce la resistencia de los materiales granulares.

- Reduce la resistencia de los suelos de la subrasante cuando ésta se satura y permanece en similares condiciones durante largos periodos.
- Succiona los suelos de apoyo de los pavimentos de concreto con las consiguientes fallas, grietas y el deterioro de hombros.
- Succiona los finos de los agregados de las bases que están bajo los pavimentos flexibles, haciendo que las partículas de suelo se desplacen con los resultados de pérdida de soporte por la erosión provocada.

Con menor frecuencia, se suceden problemas de agua incluida y atrapada, pero no se limitan a ello, tales como:

- Degradación de la calidad del material del pavimento por efecto de la humedad, creando desprendimiento de las partículas del mismo.
- Los diferentes que se producen con el desplazamiento dado por el hinchamiento de los suelos.
- Por la expansión y contracción debida al congelamiento de los suelos.

CORONADO 2002))

6.2.6 SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS DE HUMEDAD EN PAVIMENTOS

Los métodos para considerar el agua en el diseño de pavimentos, consisten básicamente en lo siguiente:

- Prevenir la penetración de agua dentro del pavimento.
- Proveer el drenaje necesario para remover el exceso de agua rápidamente.
- Construir pavimentos fuertes para resistir los efectos combinados de cargas y agua.

En el diseño de pavimentos, debe siempre tratarse de que tanto la subrasante, subbase y base estén protegidas de la acción del agua. Al considerar las posibles fuentes de agua, es conveniente proteger la sección estructural de pavimento de la entrada de agua, por lo que es necesario interceptar el agua

que corre superficialmente lo mejor posible, así como sellar la superficie del pavimento.

6.2.7 CONSIDERACIONES DE DRENAJE EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS

Un buen drenaje mantiene la capacidad soporte de la subrasante (mantiene el módulo de resiliencia cuando la humedad es estable) lo que hace un camino de mejor calidad, así como permite en determinado momento el uso de capas de soporte de menor espesor.

En la tabla siguiente se dan los tiempos de drenaje que recomienda AASHTO. Dichas recomendaciones se basan en el tiempo que es necesario para que la capa de base elimine la humedad cuando ésta tiene un grado de saturación del 50%; pero es de hacer notar que un grado de saturación del 85% reduce en buena medida el tiempo real necesario para seleccionar la calidad de un drenaje.

TABLA 6. 8. Tiempos de drenaje para capas granulares

CALIDAD DEL DRENAJE	50% SATURACIÓN	85% SATURACIÓN
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	De 10 a 15 horas
Muy pobre	El agua no drena	Mayor de 15 horas

Fuente: Guía para Diseño de Pavimentos, AASHTO 1993

a. Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles (m_x)

La calidad del drenaje es expresado en la fórmula del número estructural, por medio del coeficiente de drenaje m_x que toma en cuenta las capas no ligadas.

TABLA 6. 9. Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles (mx)

Calidad del drenaje	P = % del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	>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: Guía para Diseño de Pavimentos, AASHTO 1993

b. Coeficientes de drenaje para pavimentos rígidos (C_d)

En el diseño de pavimentos rígidos se utilizan los coeficientes de drenaje (C_d), según la siguiente tabla, los cuales ajustan la ecuación de diseño que considera la resistencia de la losa, las tensiones y las condiciones de soporte.

TABLA 6. 10. Coeficientes de drenaje para pavimentos rígidos (C_d)

Calidad del drenaje	P = % del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	>25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy pobre	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Fuente: Guía para Diseño de Pavimentos, AASHTO 1993

6.2.8 LIMPIEZA DE CUENTAS Y OBRAS DE ARTE EN LA CARRETERA “CHACACHACA – YUNGUYO – KASANI”

Las cunetas y obras de arte presentes a lo largo del tramo se encuentran en buenas condiciones por lo que en su totalidad tendrán que ser sometidas a limpieza.

TABLA 6. 11. Limpieza de Cunetas

PROGRESIVA		LIMPIEZA DE CUNETAS
		LONGITUD (M)
DE	A	
IZQUIERDA		
7+880	8+100	220.00
10+380	10+520	140.00
11+060	11+220	160.00
11+830	12+180	350.00
13+720	13+960	240.00
		0.00
14+520	14+680	160.00
14+720	15+320	600.00
DERECHA		
7+740	8+340	600.00
10+380	10+600	220.00
11+020	11+220	200.00
11+720	12+180	460.00
12+380	12+720	340.00
12+060	12+240	180.00
13+560	13+960	400.00
14+290	14+440	150.00
14+500	14+680	180.00
14+500	14+680	180.00
14+720	15+320	600.00
15+740	15+940	200.00
TOTAL		5580.00

Fuente: Elaboración propia

TABLA 6. 12. Limpieza de Obras de Arte

Nº	Progresiva	Tipo	Observación
1	00+230.00	Ponton	Limpieza
2	00+370.00	Alcantarilla	Limpieza
3	00+610.00	Alcantarilla	Limpieza
4	00+785.00	Alcantarilla	Limpieza
5	01+160.00	Alcantarilla	Limpieza
6	01+322.00	Alcantarilla	Limpieza
7	01+495.00	Ponton	Limpieza
8	01+760.00	Alcantarilla	Limpieza
9	02+270.00	Alcantarilla	Limpieza
10	02+472.00	Alcantarilla	Limpieza
11	04+940.00	Ponton	Limpieza
12	05+405.00	Alcantarilla	Limpieza
13	05+970.00	Alcantarilla	Limpieza
14	06+190.00	Alcantarilla	Limpieza
15	06+575.00	Puente	Limpieza
16	07+010.00	Alcantarilla	Limpieza
17	08+490.00	Alcantarilla	Limpieza
18	08+865.00	Puente	Limpieza
19	09+400.00	Alcantarilla	Limpieza
20	09+875.00	Ponton	Limpieza
21	10+098.00	Alcantarilla	Limpieza
22	10+340.00	Ponton	Limpieza
23	10+870.00	Alcantarilla	Limpieza
24	11+324.00	Ponton	Limpieza
25	11+500.00	Ponton	Limpieza
26	12+850.00	Ponton	Limpieza
27	13+155.00	Ponton	Limpieza
28	13+480.00	Alcantarilla	Limpieza
29	13+660.00	Alcantarilla	Limpieza
30	14+100.00	Puente	Limpieza
31	14+316.00	Alcantarilla	Limpieza
32	14+700.00	Alcantarilla	Limpieza
33	15+475.00	Ponton	Limpieza
34	15+937.00	Ponton	Limpieza
35	17+055.00	Alcantarilla	Limpieza
36	17+835.00	Alcantarilla	Limpieza
37	18+341.00	Alcantarilla	Limpieza
38	18+503.00	Ponton	Limpieza
39	19+730.00	Pase de Canal	Limpieza

40	20+020.00	Alcantarilla	Limpieza
41	20+632.00	Alcantarilla	Limpieza
42	20+782.00	Alcantarilla	Limpieza
43	21+160.00	Alcantarilla	Limpieza
44	21+695.00	Ponton	Limpieza
45	22+030.00	Alcantarilla	Limpieza
46	22+315.00	Ponton	Limpieza

Fuente: Elaboración propia.



CAPITULO VII

7. DISEÑO DE PAVIMENTOS Y SEÑALIZACIÓN

7.1 DISEÑO DE PAVIMENTOS

7.1.1 SUELOS EXISTENTES EN PLATAFORMA

El Tramo Chacachaca – Yunguyo – Kasani se encuentra actualmente con una capa de rodadura desgastada, de espesor y ancho constante.

Se ejecutaron calicatas profundas de 1.50 m y se extrajeron muestras de las diferentes capas y relleno/fundación para los diferentes ensayos de laboratorio:

- Ensayos granulométricos, límites de Atterberg, contenido de humedad natural, Proctor Modificado y CBR.
- Sobre la base de los resultados obtenidos, los diferentes materiales están clasificados de conformidad con las disposiciones de la norma AASHTO 145-91.

7.1.2 DISEÑO DEL PAVIMENTO POR ETAPAS:

7.1.2.1 MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

La alternativa de carpeta asfáltica se identifica con los niveles de servicio de la carretera superiores a la de la alternativa del tratamiento superficial bicapa y permite a los usuarios ahorros en combustible, tiempo de viaje, mantenimiento de las unidades, etc., así como con la disminución sustancial de los trabajos de mantenimiento.

El mantenimiento rutinario demanda inversiones menores y el periódico puede ser necesario a partir de los 10 años de la rehabilitación de la carretera.

En el año 10 de la carpeta asfáltica previa evaluación superficial, funcional y estructural del estado del pavimento, consiste en lo siguiente:

- Limpieza de la superficie.
- Reparación de fallas superficiales.
- Riego de liga.
- Colocación del refuerzo con mezcla asfáltica en caliente de espesor correspondiente para cada uno de los sectores homogéneos según el diseño de refuerzo.

7.1.2.2 TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA

Para esta alternativa de superficie de rodadura es necesario prever el mantenimiento periódico de la misma consistente, como una de las posibilidades, en sellado de la superficie de rodadura cada 3 a 4 años. El mantenimiento de los niveles de servicio de la carretera en este caso dependerá del cumplimiento de las tareas previstas en el mantenimiento tanto rutinario, como periódico y control de las cargas de los vehículos que transitaran en la carretera.

Debe señalarse que dado el alto volumen del tráfico proyectado para el periodo de diseño y las características geográficas de la zona, no es la alternativa recomendable. Además se debe tomar en consideración que históricamente en el Perú el Mantenimiento es deficiente, por lo tanto esta alternativa tiene la incógnita de cómo será el mantenimiento futuro y la oportunidad de su ejecución de acuerdo a un monitoreo del tráfico y cargas después de la rehabilitación y mejoramiento de la carretera, bajo las condiciones de diseño previstas en el presente estudio. Al término de 10 años contados a partir de la pavimentación de la carretera y de acuerdo con los resultados de la evaluación superficial, funcional y estructural previa del pavimento, se realizará el refuerzo del pavimento mediante las siguientes acciones:

- Fresar la superficie de rodadura.
- Mezclar el material fresado con el material de base, reconfigurándolo y compactándolo.
- Imprimir la capa de base.
- Colocar refuerzo con mezcla asfáltica en caliente de espesor correspondiente para cada uno de los sectores homogéneos según el diseño de refuerzo, incluyendo el ancho de las bermas.

7.1.2.3 DISEÑO DE PAVIMENTOS

El concepto del diseño de pavimentos tanto flexibles como rígidos, es determinar primero el espesor de la estructura basado en el nivel de tránsito como en las propiedades de los materiales; el periodo de desempeño de un pavimento está en función de la pérdida de serviciabilidad.(CORONADO,2002)

Un pavimento debe reunir las siguientes características:

- Ser resistente ante la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.
- Presentar una textura superficial para las velocidades previstas de circulación de los vehículos por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además de ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Debe de presentar una regularidad superficial tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Debe ser durable y presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.

- El ruido de rodadura, en el interior de los vehículos que afectan al usuario así como en el exterior, que influye en el entorno, debe ser adecuadamente moderado.
- Debe ser económico y poseer el color adecuado para evitar reflejo y deslumbramiento y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.

Los pavimentos flexibles están constituidos por una serie de capas denominadas de arriba abajo, superficie de rodadura o capa asfáltica, base granular y sub base granular asentada sobre una subrasante nivelada y compactada mínimo al 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado.

El presente capítulo tiene por finalidad definir las metodologías a utilizar para establecer los espesores de las capas de pavimento nuevo según la prospección de los materiales disponibles realizados en plataforma y canteras, muestras de campo, ensayos de laboratorio e información de tráfico para diseño estructural del nuevo pavimento.

Para el diseño de pavimentos son fundamentales los siguientes parámetros básicos:

- Demanda del tránsito medida en número de Ejes Equivalentes para el periodo de diseño de pavimentos.
- Tipo de subrasante sobre el cual se asienta el pavimento.

Estos parámetros permiten definir la capacidad estructural requerida, en términos del Número Estructural, del paquete del pavimento.

Finalmente se dan las características de los componentes de la estructura del pavimento, los mismos que corresponden a capas de materiales seleccionados.

Cada una de las capas proporciona una capacidad en base a su aporte estructural que está en función de la calidad del material utilizado.

En tal sentido el diseño estructural del pavimento se efectuará con el método propuesto por AASHTO 93. Sobre el cual es necesario advertir lo siguiente:

- Que el tramo en estudio, según sus características geotécnicas, será subdividido en secciones homogéneas de longitud razonable constructivamente cada una.
- Que a partir de los valores CBR(lab) se establecerá un valor CBR(dis) el cual se mantendrá para el cálculo de valores M_r (dis) según Procedimiento Asphalt Institute y según procedimiento AASHTO-93

Para el cálculo de los espesores del pavimento, según el método AASHTO, se emplea el promedio de los valores de CBR, omitiendo los valores de CBR extremos para no distorsionar el promedio. Luego para cada valor promedio de CBR se determinó el valor del módulo resiliente siguiendo las formulas correspondientes a cada rango de CBR.

Considerándose lo siguiente:



TABLA 7. 1. Consideraciones para el CBR de diseño

CLASIFICACIÓN	CBR _{Diseño}
Sub rasante Muy Pobre	< 3 %
Sub rasante Pobre	3 % - 5 %
Sub rasante Regular	6 % - 10%
Sub rasante Buena	11 % - 19 %
Sub rasante Muy Buena	>20%

Fuente: Manual para el Diseño de Caminos Pavimentados

- Es necesario mencionar que por su ubicación el tramo en estudio se debe catalogar como de clima frío o proyectos en altura. Ninguno de los métodos de diseño resuelve tal condición específicamente por lo que sobre tal particular en cuanto los espesores de pavimento deberán ser de al menos 30 cm.

La ecuación básica de equilibrio en el diseño para estructuras de pavimentos flexibles es la siguiente:

$$\text{Log}_{10}W_{18} = Z_R \times S_o + 9.36 \times \text{log}_{10} (\text{SN}+1) - 0.20 + \text{log}_{10} [\Delta \text{PSI} / (4.2-1.5)] / [0.40 + 1094 / (\text{SN} + 1)^{5.19}] + 2.32 \times \text{log}_{10} M_R - 8.07$$

Donde:

W_{18} : Número total de Ejes Equivalentes, para el período de diseño

Z_R : Coeficiente estadístico asociado a la confiabilidad respecto a la predicción del tráfico. AASHTO recomienda para vías rurales de bajo volumen tránsito un nivel de confiabilidad en el rango de 50% - 80%

Se considera:

Para Tráfico T1: confiabilidad 60% (-0.253)

Para Tráfico T2: confiabilidad 70% (-0.524)

Para Tráfico T3: confiabilidad 75% (-0.674)

Para Tráfico T4: confiabilidad 80% (-0.841)

S_o : Desviación estándar combinada en la estimación de los parámetros y del comportamiento del modelo (0.45)

SN : Número Estructural

Δ PSI : Diferencial de Serviciabilidad (Serviciabilidad inicial p_i , depende del tipo de superficie de rodadura)

M_R : Módulo de resiliencia de la subrasante

TABLA 7. 2. Resumen de valores CBR por sección

PROGRESIVA	ESTRATO	LADO	CBR 100%	CBR 95%
0+000	BASE	IZQ.	83	55
	SUBBASE		27	16
	SUBRASANTE		-----	-----
1+800	BASE	DER.	83	57
	SUBBASE		28	16
	SUBRASANTE		-----	-----
3+300	BASE	IZQ.	83	54
	SUBBASE		40	18
	SUBRASANTE		-----	-----
5+000	BASE	DER.	84	60
	SUBBASE		28	19
	SUBRASANTE		-----	-----
6+450	BASE	IZQ.	86	59
	SUBBASE		27	16
	SUBRASANTE		-----	-----
8+550	BASE	DER.	85	59
	SUBBASE		36	18
	SUBRASANTE		-----	-----
10+030	BASE	IZQ.	82	55
	SUBBASE		31	17
	SUBRASANTE		-----	-----
11+840	BASE	DER.	81	52
	SUBBASE		32	18
	SUBRASANTE		20	12
13+300	BASE	DER.	83	54
	SUBBASE		31	19
	SUBRASANTE		13	6
15+000	BASE	IZQ.	81	59
	SUBBASE		35	23
	SUBRASANTE		14	7
16+660	BASE	DER.	82	55
	SUBBASE		-----	-----
	SUBRASANTE		-----	-----

18+600	BASE	IZQ.	82	58
	SUBBASE		----	----
	SUBRASANTE		----	----
20+500	BASE	DER.	82	55
	SUBBASE		39	22
	SUBRASANTE		15	8
22+500	BASE	IZQ.	82	53
	SUBBASE		39	20
	SUBRASANTE		15	6

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 7.1.2) ENSAYOS MATERIAL COMBINADO PARA BASE

7.1.3 VARIABLES CONSIDERADAS EN EL METODO AASHTO

7.1.3.1 PERIODO DE ANÁLISIS:

Existen dos variables que deben tomarse en cuenta:

- El periodo de diseño.
- La vida útil del pavimento

El periodo de diseño es el tiempo total para el cual se diseña un pavimento en función de la proyección del tránsito y el tiempo que se considere apropiado para que las condiciones del entorno se comiencen a alterar desproporcionadamente.

La vida útil del pavimento, es aquel tiempo que transcurre entre la construcción del mismo y el momento en que alcanza el mínimo de serviciabilidad.

Los periodos de diseño serán en un caso de 0-20 años y en otro de 0-10 con un refuerzo para 10-20 años. Tales periodos podrán ser restrictivos o no a la estructuración de pavimentos a proponer.

7.1.3.2 CARGAS DE TRÁFICO

Es el número de repeticiones de ejes equivalentes de 18 kips (80 KN) ó ESAL's. La conversión de una carga dada por eje a eje equivalente ó ESAL's se hace a través de los factores equivalentes de carga (LEF's).

Las proyecciones de las cargas de tráfico ha sido calculado tomando en cuenta el IMDA (Índice Medio Diario Anual) de cada clase de vehículos pesados, las cargas por cada tipo de eje (simples, tándem, tridem), las tasas de crecimiento anual y el tráfico generado de acuerdo con el Estudio de Tráfico según se presenta en el capítulo correspondiente.

7.1.3.3 CONFIABILIDAD (R).

Referida a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. La confiabilidad pretende incorporar un grado de certidumbre al procedimiento de diseño, para asegurar que las diferentes alternativas de éste se mantengan para el periodo de análisis.

TABLA 7. 3. Valores de "R" de confiabilidad, con diferentes Clasificaciones funcionales

NIVELES DE CONFIABILIDAD	
CLASIFICACION FUNCIONAL	NIVEL RECOMENDADO POR AASHTO PARA CARRETERAS
Carretera Interestatal o Autopista	80 – 99.9
Red Principal o Federal	75 – 95
Red Secundaria o Estatal	75 – 95
Red Rural o Local	50 – 80

Fuente: Elaboración propia

7.1.3.4 SUBRASANTES

En el caso de existir subrasantes expansivas por efecto de la saturación, es necesario analizar la pérdida de serviciabilidad (Δ PSI) debido a esta causa, haciendo los análisis de laboratorio a los materiales existentes.

De la calidad de esta capa depende, en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento, sea éste flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas del tránsito. Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como las eventuales variaciones de volumen (hinchamiento retracción).

Los cambios de volumen de un suelo de sub-rasante de tipo expansivo pueden ocasionar graves daños en las estructuras que se apoyen sobre este, por esta razón cuando se construya un pavimento sobre este tipo de suelo deberá tomarse la precaución de impedir las variaciones de humedad del suelo para lo cual habrá que pensar en la impermeabilización de este tipo de suelo con algún aditivo, en nuestro medio los mejores resultados se han logrado mediante la estabilización de suelos.

7.1.3.5 CRITERIOS PARA DETERMINAR LA SERVICIABILIDAD

La serviciabilidad de una estructura de pavimento es la capacidad que tiene éste de servir al tipo y volumen de tránsito para el cual fue diseñado. El índice de serviciabilidad se califica entre 0 (malas condiciones) y 5 (perfecto) (CORONADO, 2002)

- **Serviciabilidad inicial:**
 - Po= 4.5 para pavimentos rígidos
 - Po= 4.2 para pavimentos flexibles
- **Serviciabilidad final:**
 - Pt= 2.5 ó más para caminos principales.
 - Pt= 2.0 para caminos de tránsito menor.

7.1.3.6 DISEÑO ESTRUCTURAL

Las características generales de materiales son las siguientes:

a. Sub-rasante

Definida bajo los criterios del diseño geométrico de la rasante, la caracterización de estos suelos ha sido definida en los cuadros resumen y perfiles estratigráficos obtenidos.

b. Sub-base

Como lo indican las especificaciones Técnicas EG2000 y las características de canteras la sub-base granular será compactada hasta el 100% de la densidad Proctor modificado para alcanzar el CBR mínimo de 40.

c. Base

De similar modo la base granular será construida con materiales granulares de cantera procesados para obtener las características de base granular será compactada hasta el 100% de densidad Proctor modificado para alcanzar el CBR mínimo de 100.

d. Carpeta asfáltica

Dadas las condiciones climáticas de la zona, el concreto asfáltico será construido con asfalto PEN 120-150 y agregados competentes para obtener características que satisfagan las Especificaciones técnicas EG2000.

La elección del PEN a emplear deberá ser hecha en base a los materiales reales de obra mediante diseños Método Marshall.

Se recomienda el empleo del PEN 120 – 150, para la rehabilitación de dicha vía.

7.1.4 DETERMINACIÓN DE ESPESORES

En los pavimentos de mezclas asfálticas por medio de la fórmula de diseño se obtiene el número estructural (SN) y en función del mismo se determinan los distintos espesores de las capas que conforman el paquete estructural; el diseño está basado en la identificación del número estructural del pavimento flexible y la cantidad de ejes de carga transitando.

El número estructural se obtienen a partir de las siguientes variables:

- La cantidad estimada de ejes equivalentes (ESAL's) por carril, para el periodo de diseño.
- La confiabilidad (R)
- El conjunto total de la desviación estándar (So) se recomienda utilizar los valores comprendidos dentro de los intervalos siguientes:

Para pavimentos flexibles 0.40 – 0.50

En construcción nueva 0.35 – 0.40

Ensobre – capas 0.50

- El Módulo de resiliencia de efectivo de la subrasante (Mr)
- La pérdida de serviciabilidad $\Delta PSI = P_o - P_t$
- El número estructural de resistencia del pavimento flexible viene dado por la fórmula:

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

Dónde:

a₁: Coeficiente estructural de la capa de rodadura

D₁: Espesor de la capa de rodadura (cm)

a₂: Coeficiente estructural de la capa de base granular

D₂: Espesor de la capa de base granular (cm)

m₂: Coeficiente que refleja el drenaje de la capa 2.

- a_3 : Coeficiente estructural de la capa de subbase granular
- D_3 : Espesor de la capa de subbase granular (cm)
- m_3 : Coeficiente que refleja el drenaje de la capa 3

El Número Estructural es un valor abstracto que representa la resistencia total de la estructura de un pavimento para una determinada categoría de subrasante, condición de tráfico e índice de servicio al final de la vida útil.

7.1.4.1 ALTERNATIVA I: ASFALTO EN CALIENTE

El diseño del pavimento utilizando el Método AASHTO, versión 1993 (GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURE 1993), basado en AASHTO Road Test, consiste en determinar el Número Estructural (SN) en función del Módulo Resiliente de la subrasante de la Subrasante (M_r), confiabilidad ($R\%$), Desviación Standard total (S_o), pérdida de servicialidad (ΔPSI) e índices estructurales del pavimento.

Se han considerado los siguientes tramos:

TRAMO I	TRAMO II	TRAMO II
0+000 – 8+550	8+550 – 18+600	18+600 – 22+635

Se tienen los siguientes coeficientes estructurales para cada una de las capas del pavimento:

Coefficiente	TRAMO I	TRAMO II	TRAMO III
a_1	0.42/pulg	0.42/pulg	0.42/pulg
a_2	0.16/pulg	0.16/pulg	0.16/pulg
a_3	0.14/pulg	0.11/pulg	0.11/pulg

El coeficiente de drenaje m_1 está en función a la calidad del drenaje de la carretera y al porcentaje del tiempo durante el año durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación.

Considerando una calidad del drenaje regular y del 5% al 25% del tiempo del año exposición a la humedad, los valores de los coeficientes de drenaje asumidos son los siguientes:

- Base Granular: De acuerdo a las especificaciones para materiales de base y de las condiciones de drenaje, podemos asumir un valor de $m_2=1.00$
- Subbase Granular: De acuerdo a las especificaciones para materiales de subbase y de las condiciones de drenaje, podemos asumir un valor de $m_3=1.00$

7.1.4.2 ALTERNATIVA II: TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA

Existen diferentes métodos para el diseño de la superficie de rodadura consistente en el tratamiento superficial bicapa. A continuación se expone algunos de ellos:

a. Método TRRL

El método TRRL ha sido desarrollado por el TRRL de Gran Bretaña y consiste en procedimiento de diseño para caminos con tratamiento superficial bituminoso en los países tropicales y subtropicales. Los espesores requeridos se obtienen en función al CBR de la subrasante y número de repeticiones de ejes standard.

b. Método del cuerpo de ingenieros del ejército norteamericano (USACE)

El procedimiento de este método se basa en ecuaciones que permiten determinar el espesor de material requerido sobre una capa o subrasante de un CBR conocido. La condición es que el CBR del material de la capa superior sea mayor que el de la subyacente.

El espesor del pavimento obtenido mediante este método es tal que permite un cierto número de repeticiones, antes que la estructura alcance un nivel de deformación que corresponda a una serviciabilidad baja. Este método ha sido desarrollado para los caminos de bajo tránsito con repeticiones de hasta 1'000,000 de ejes equivalentes de 18,000 libras.

c. Método US FOREST SERVICE

Este método se basa en los siguientes factores básicos:

- Soporte del suelo (SS) parámetro empírico de resistencia del suelo que se correlaciona con el valor de CBR.
- Número Estructural (SN)

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$$

Donde:

D_i = El espesor en pulgadas.

a_1 = coeficiente de equivalencia del espesor

Este método ha sido desarrollado para los caminos de bajo tránsito con repeticiones de hasta 1'000,000 de ejes equivalentes de 18,000 libras.

d. Método AASHTO

Consideramos que para el número de repeticiones de ejes equivalentes para el periodo señalado, que fueron calculados en el estudio de tráfico, no es conveniente un pavimento a nivel del Tratamiento Superficial Bicapa. Sin embargo para dar cumplimiento con lo señalado en los términos de referenciase calcularan los espesores del pavimento para esta alternativa.

Como hemos visto los métodos convencionales previstos para este tipo de pavimento no pueden usarse debido al ESAL más alto que el máximo previsto en estos métodos, por lo que se aplicará el Método AASHTO para calcular los espesores de las capas granulares mediante la estimación del número estructural total, tomado en cuenta que el tratamiento superficial bicapa no aporta el número estructural al paquete del pavimento.

La impermeabilidad que proporciona da a la base y sub base así como a la sub rasante la posibilidad de mantener sus condiciones de soporte, aunque el tratamiento en sí no aporta si no muy poca resistencia a la

estructura total del pavimento, dicho aporte se considera cero para los fines de diseño, según las recomendaciones del “Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito”

Los siguientes coeficientes estructurales se usaron para el cálculo de espesores:

Coeficiente	TRAMO I	TRAMO II	TRAMO III
a_1	0.00/pulg	0.00/pulg	0.00/pulg
a_2	0.16/pulg	0.16/pulg	0.16/pulg
a_3	0.14/pulg	0.11/pulg	0.11/pulg

7.1.4.3 PARÁMETROS GENERALES PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS

Los cálculos se realizaron para dos alternativas; carpeta asfáltica en caliente y la segunda alternativa es pavimento a nivel de tratamiento superficial bicapa.

TABLA 7. 4. Datos generales para el diseño

PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)	20
TRANSITO PROM. DIARIO(Nº DE VEHIC.)	398
NUMERO DE CARRILES(Nº CARRIL.)	2
CRECIMIENTO DE TRANSITO ANUAL (r %)	1.00
COEFICIENTE DE CONFIABILIDAD %	75
DESVIACION ESTÁNDAR (S_o)	-0.674
INDICE DE SERVICIABILIDAD(P_o)	4.2
INDICE DE SERVICIABILIDAD(P_t)	2.5
CBR DEL SUELO (%)	15
CBR DE LA SUB BASE (%)	31
CBR DE LA BASE(%)	82
MODULO ELASTICO DEL Cº (ECA)	400000

CBR	TRAMO I	TRAMO II	TRAMO III
BASE	87%	82%	84%
SUBBASE	31%	15%	39%
SUBRASANTE	17%	15%	15%

Fuente: Elaboración propia

TABLA 7. 5. Cálculo del Número Estructural

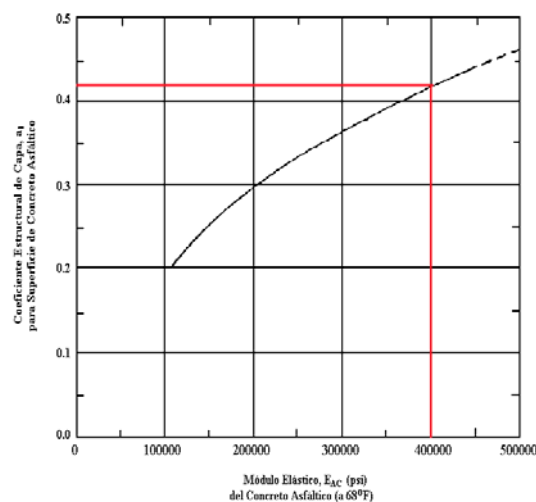
TRAMO I			
MATERIAL	Mr (Mpa-Psi)	m ₁	SN
Cap. Asfáltica.	2760 (400 000)	--	
Base	257.71 (37539.27)	1	1.50
Sub base	146 .09(21276.2)	1	1.98
Sub rasante	104.98 (15289.5)	--	2.26
TRAMO II			
MATERIAL	Mr (Mpa-Psi)	m ₁	SN
Cap. Asfáltica.	2760 (400 000)	--	
Base	249.5 (36328.2)	1	1.56
Sub base	98(14272.4)	1	2.32
Sub rasante	98(14272.4)	--	2.32
TRAMO III			
MATERIAL	Mr (Mpa-Psi)	m ₁	SN
Cap. Asfáltica.	2760 (400 000)	--	
Base	252.78 (36812.8)	1	1.51
Sub base	165.76(24139.7)	1	1.89
Sub rasante	98 (14272.4)	--	2.32

Fuente: Elaboración propia

a. Determinación de los coeficientes de capa

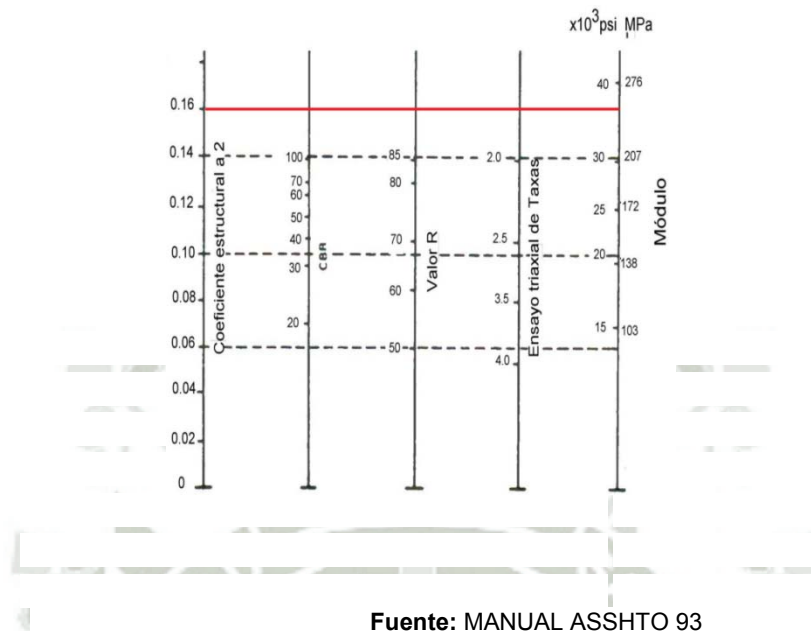
Con el Modulo de Elasticidad de Concreto en la Fig. se tiene.
El coeficiente de capa (a₁) de la Carpeta de Rodadura se tiene

$$a_1 = 0.42 - 0.00$$



Fuente: MANUAL ASSHTO 93

El coeficiente de Capa (a_2) de la Base se tiene, ingresando el CBR y el módulo de $a_2 = 0.16$



b. Cálculo de los espesores de las capas

TRAMO I

$$D_1 \geq SN_1 / a_1 = 3''$$

$$SN_1 = a_1 \times D_1$$

$$SN_1 = 1.47$$

$$D_2 \geq SN_2 - SN_1 / a_2 m_2$$

$$D_2 \geq 3''$$

$$SN_2 = a_2 \times m_2 \times D_2$$

$$SN_2 = 0.16 \times 1 \times 3$$

$$SN_2 = 0.48$$

$$D_3 \geq SN_3 - (SN_1 + SN_2) / a_3 m_3$$

$$D_3 \geq 3 - (1.47 + 0.48) / (0.14)(1) = 11''$$

$$SN_3 = a_3 \times m_3 \times D_3$$

$$SN_3 = 0.14 \times 1 \times 11$$

$$SN_3 = 1.54$$

$$SN_1 + SN_2 + SN_3 = 1.47 + 0.48 + 1.54 = 3.49$$

Carpeta Asfáltica = 3''

Base = 3''

Sub base = 11''

TRAMO II

$$D_1 > = SN_1 / a_1 = 3.5''$$

$$SN_1 = a_1 \times D_1$$

$$SN_1 = 1.68$$

$$D_2 > = SN_2 - SN_1 / a_2 m_2$$

$$D_2 > = 2.32 - 1.68 / 0.16 \times 1 = 4''$$

$$SN_2 = a_2 \times m_2 \times D_2$$

$$SN_2 = 0.16 \times 1 \times 4$$

$$SN_2 = 0.64$$

$$D_3 > = SN_3 - (SN_1 + SN_2) / a_3 m_3$$

$$D_3 > = 4 - (1.68 + 0.64) / (0.11)(1) = 17''$$

$$SN_3 = a_3 \times m_3 \times D_3$$

$$SN_3 = 0.11 \times 1 \times 17$$

$$SN_3 = 1.87$$

$$SN_1 + SN_2 + SN_3 = 1.68 + 0.64 + 1.87 = 4.19$$

Carpeta Asfáltica = 3.5''

Base = 4''

Sub base = 17''

TRAMO III

$$D_1 > = SN_1 / a_1 = 3''$$

$$SN_1 = a_1 \times D_1$$

$$SN_1 = 1.47$$

$$D_2 > = SN_2 - SN_1 / a_2 m_2$$

$$D_2 > = 1.89 - 1.47 / 0.16 \times 1 = 2.6'' = 3''$$

$$SN_2 = a_2 \times m_2 \times D_2$$

$$SN_2 = 0.16 \times 1 \times 3$$

$$SN_2 = 0.48$$

$$D_3 > = SN_3 - (SN_1 + SN_2) / a_3 m_3$$

$$D_3 > = 3 - (1.47 + 0.48) / (0.11)(1) = 14.7'' = 15''$$

$$SN_3 = a_3 \times m_3 \times D_3$$

$$SN_3 = 0.11 \times 1 \times 15$$

$$SN_3 = 1.65$$

$$SN_1 + SN_2 + SN_3 = 1.47 + 0.48 + 1.65 = 3.6$$

Carpeta Asfáltica = 3.5''

Base = 3''

Sub base = 15''

RESUMEN DE DISEÑO			
CAPA	TRAMO I	TRAMO II	TRAMO III
CARPETA ASFALTICA	3"	3.5"	3"
BASE	3"	4"	3"
SUB BASE	11"	17"	15"

Recurriendo a los Abacos de diseño del Instituto de Asfalto, encontramos que se requiere el espesor mínimo, sin embargo éste método resulta más conservador en relación con el Método AASHTO, por lo cual se toma en cuenta lo siguiente:

TABLA 7. 6. Espesores Mínimos, en pulgadas, en Función de los Ejes Equivalentes

TRÁNSITO (ESAL'S) EN EJES EQUIVALENTES	CARPETAS ASFÁLTICAS	BASES GRANULARES
Menos de 50,000	3.0 cm	10.0 cm.
50,001 – 150,000	5.0 cm.	10.0 cm.
150,001 – 500,000	6.5 cm.	10.0 cm.
500,001- 2000,000	7.5 cm.	15.0 cm.
2000,001-7000,000	9.0 cm.	15.0 cm.
Mayor de 7000,000	10.0 cm.	15.0 cm.

Fuente: Guía para diseño de Estructuras de Pavimentos, AASHTO, 1993.

ESPEORES PARA OBRA			
CAPA	TRAMO I	TRAMO II	TRAMO III
CARPETA ASFALTICA	3"	3.5"	3"
BASE	12 cm	15 cm	12 cm
SUB BASE	50 cm	50 cm	60 cm

7.1.5 DISEÑO DE CARPETA DE RODADURA

7.1.5.1 DISEÑO PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA

Para el diseño se empleó el método de los volúmenes absolutos del Instituto de Asfalto.

a. Consideraciones de diseño:

La superficie de la pista a tratar es de contextura lisa no porosa y limpia.

El flujo de tránsito es de moderada intensidad con un IMD aproximado de 330 vehículos diarios.

b. Especificaciones:

Las especificaciones empleadas, tanto para el ligante asfáltico como para los áridos son de la ASTM. (Ver tabla 7.7)

c. Datos básicos:

- Peso Específico bulk (base seca) del árido grueso y fino.
- Peso unitario suelto seco del árido grueso y fino.
- Densidad del asfalto líquido RC-250 a 25°C de temperatura.

d. Empleo de tablas:

Para complementar los datos básicos de diseño se emplearon las tablas del Instituto del Asfalto líquido (Ver tabla 7.8) para determinar los siguientes parámetros.

Tamaño medio de los agregados.

Porcentaje de asfalto en volumen y porcentaje de vacíos.

Densidad de factor de corrección del asfalto.

Factor de tránsito.

Absorción superficial.

TABLA 7. 7. Especificaciones para tratamiento superficial bicapa (TSB)

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO PETREO								
T.S.B		PORCENTAJE QUE PASAN(Tamiz Abertura Cuadrada)						
TIPO	APLICACIÓN	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8
		(38,1 mm)	(25,4 mm)	(19,1 mm)	(12,7 mm)	(9,5 mm)	(4,8 mm)	(2,38 mm)
I	1ra. Capa (A. Grueso)	100	90 - 100	20 - 55	0 - 10	0 - 5	-	-
	2da. Capa(A. Fino)	-	-	100	90 - 100	40 - 70	0 - 15	0 - 5
II	1ra. Capa(A. Grueso)	-	100	90 - 100	20 - 55	0 - 15	0 - 5	-
	2da. Capa(A. Fino)	-	-	-	100	85 - 100	10 - 30	0 - 10

DOSIFICACIÓN DE AGREGADOS PETREOS Y ASFALTO (RC - 250) POR M2						
T.S.B		AGREGADOS			ASFALTO (RC-250)	
TIPO	APLICACIÓN	MEDIDA NOMINAL(Malla Abertura)	CANTIDAD PROMEDIO DE APLICACIÓN			
			m3/m2	kg/m2	Gls/m2	Lt/m2
I	PRIMERA CAPA	1" a 1/2"	0.017	17	0.5	1.9
	SEGUNDA CAPA	1/2" a N°4	0.0085	8.5	0.31	1.18
II	PRIMERA CAPA	3/4" a 3/8"	0.0122	12.2	0.44	1.68
	SEGUNDA CAPA	3/8" a N° 8	0.0061	6.1	0.24	0.91

Fuente: Elaboración propia

TABLA 7. 8. Tablas de Diseño para Tratamiento Superficial

TABLAN° 1 CALCULO TAMAÑO MEDIO DE LOS AGREGADOS		
TAMIZ N°(ASTM)	ABERTURA (mm)	B COEFICIENTE
1"	25.4	-
3/4"	19.05	22
1/2"	12.7	15.8
3/8"	9.525	11
N° 4	4.76	7.1
N° 8	2.38	3.6

TABLA N°2 DE ASFALTO EN VOLUMEN Y % DE VACIOS			
TRANSITO	Veh/día *	% ASFALTO EN VOLUMEN	% DE VACIOS
Estacionamiento		22	5
Liviano	5	20	5
Medio	25	19	6
Pesado	250	18	7
Muy Pesado	5/limite	17	7

*Valor máximo por pista para camiones y buses en la vida de diseño

TABLA N°3 DENSIDAD Y FACTOR DE CORRECCION DEL ASFALTO		
ASFALTO	DENSIDAD KG/M3 *	FACTOR DE CORRECCION
C R S - 2	1010	0.85
R C - 250	960	0.9
C A 120/150	1000	1

*Valores más usuales

TABLA N°4 FACTORES DE TRANSITO	
VEHICULOS / DIA *	FACTOR
0 – 100	0.85
100 – 500	0.75
500 – 1000	0.7
1000 – 2000	0.65
.+ 2000	0.6

*En la vida de Diseño

TABLA N°5 ABSORCIÓN SUPERFICIAL	
CONDICION DEL PAVIMENTO A TRATAR	Lt/m ²
Lisa, superficie no porosa	0
Levemente porosa, superficie oxidada	0.23
Peladuras leves, porosa, superficie oxidada	0.45
Peladuras graves, porosa, superficie oxidada	0.68

Fuente: Elaboración propia

TABLA 7. 9. Diseño de Tratamiento Superficial Bicapa (TSB)
Datos Básicos

	DESCRIPCION	UNID.	1.A. GRUESO	2.A. FINO
A	Peso Específico Bulk (base seca) de los agregados	Kg/m ³	2.3	2.5
B	Peso Unitario Suelto Seco de los agregados	Kg/m ³	1.587	1.789
C	Tamaño Medio de los agregados (Tabla 1)	mm	13.5	6.2
D	Porcentaje de Asfalto en volumen (Tabla 2)	%	17.5	
E	Porcentaje de Vacíos en volumen (Tabla 2)	%	7	
F	Densidad del Asfalto Líquido a 25°C de temperatura	Kg/m ³	978	
G	Factor de Corrección (Tabla 3)		0.9	

Cálculo de Volúmenes Absolutos en 1 m² DE TSB.

	DESCRIPCION	UND.	VALOR
H	Volumen total de TSB en 1 m ²	C1	Lts. 13.500
I	Volumen de Vacíos	H*E/100	Lts. 0.945
J	Volumen de Asfalto	H*D/100	Lts. 2.363
K	Volumen de la 2da aplicación de agregados	B ² *C ² /A ²	Lts. 4.437
L	Volumen de la 1ra aplicación de agregados	H-(I+J+K)	Lts. 5.756
M	Peso del Asfalto Líquido	J*F/(G*1000)	Kg. 2.567

Diseño Recomendado

PRIMERA APLICACIÓN				
	DESCRIPCION	UND.	VALOR	
1	Asfalto en peso	0.60*M	Kg/ m ² 1.540	
2	Asfalto en volumen	1*1000/F	Lts/ m ² 1.636	
3	Agregado grueso en peso	1.05*A ¹ *L/1000	Kg/m ² 13.900	
4	Agregado grueso en volumen	3*1000/B ¹	Lts/m ² 12.327	
5	Relación de esparcimiento del agregado grueso	B ¹ /3	m ² /m ³ 81.122	

SEGUNDA APLICACIÓN				
	DESCRIPCION		UND.	VALOR
6	Asfalto en peso	0.40*M	Kg/m2	1.027
7	Asfalto en volumen	6*1000/F	Lts/m2	1.090
8	Agregado grueso en peso	1.05*A2*K/1000	Kg/m2	11.646
9	Agregado grueso en volumen	8*1000/B2	Lts/m2	4.913
10	Relación de esparcimiento del agregado fino	B2/8	m2/m3	203.548

Fuente: Elaboración propia

El espesor del tratamiento superficial, según los catálogos de diseño para tratamiento superficial (AASHTO 1993). Se considera un espesor de 2 pulgadas. Cuyo requisito para el tratamiento superficial bicapa y según las tablas anteriormente mostradas y por fines prácticos se adopta el siguiente espesor:

TABLA 7. 10. Espesor para Tratamiento Superficial

PRIMERA CAPA	3	cm.
SEGUNDA CAPA	2	cm.

Fuente: Manual de Diseño AASHTO 1993 (se emplea los valores equivalentes en cm)

7.1.6 DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

El diseño que se ha realizado ha sido el de la Mezcla Asfáltica Normal MAC, la gradación de la mezcla asfáltica normal (MAC) deberá responder a alguno de los siguientes husos granulométricos.

TABLA 7. 11. Granulometría para mezcla Asfáltica 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° 4)	43 - 54	51 - 68	65 - 87
2,00 mm (N° 10)	29 - 45	38 - 52	43 - 61
425 mm (N° 40)	14 - 25	17- 28	16 - 29
180 mm (N° 80)	8 - 17.	8 - 17.	9 - 19.
75 mm (N° 200)	4 - 8.	4 - 8.	5 - 10.

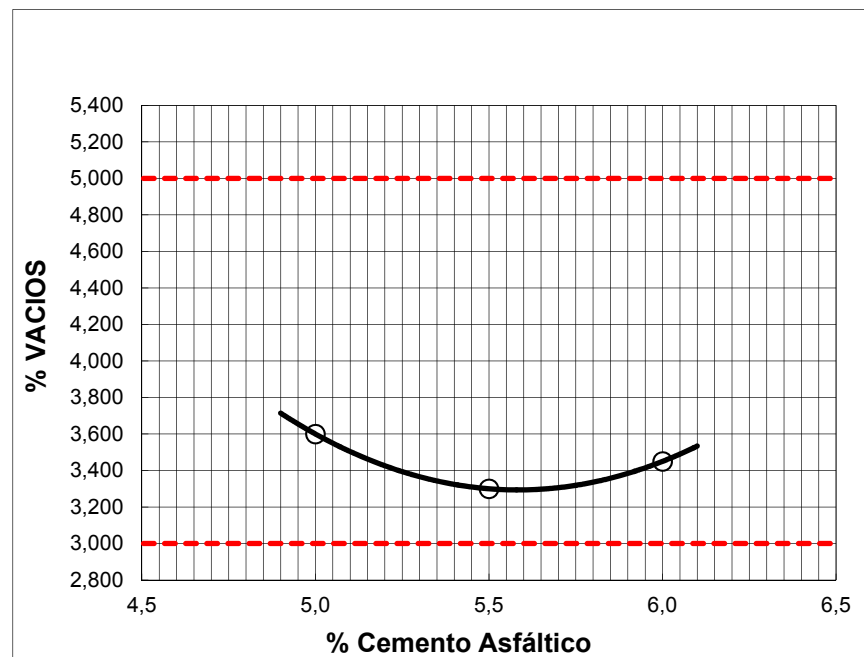
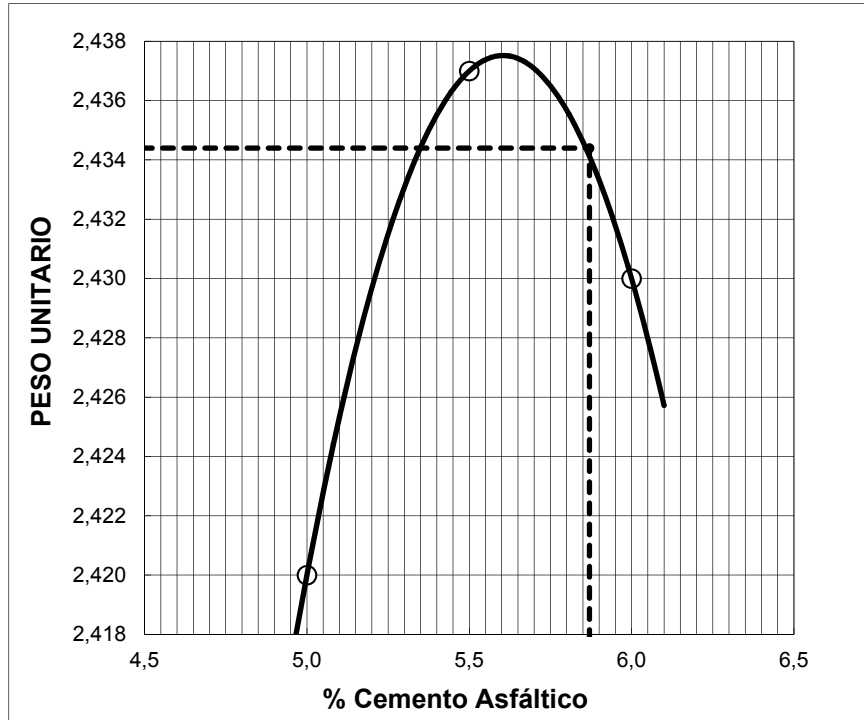
Fuente: Manual de Especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras (EG – 2000)

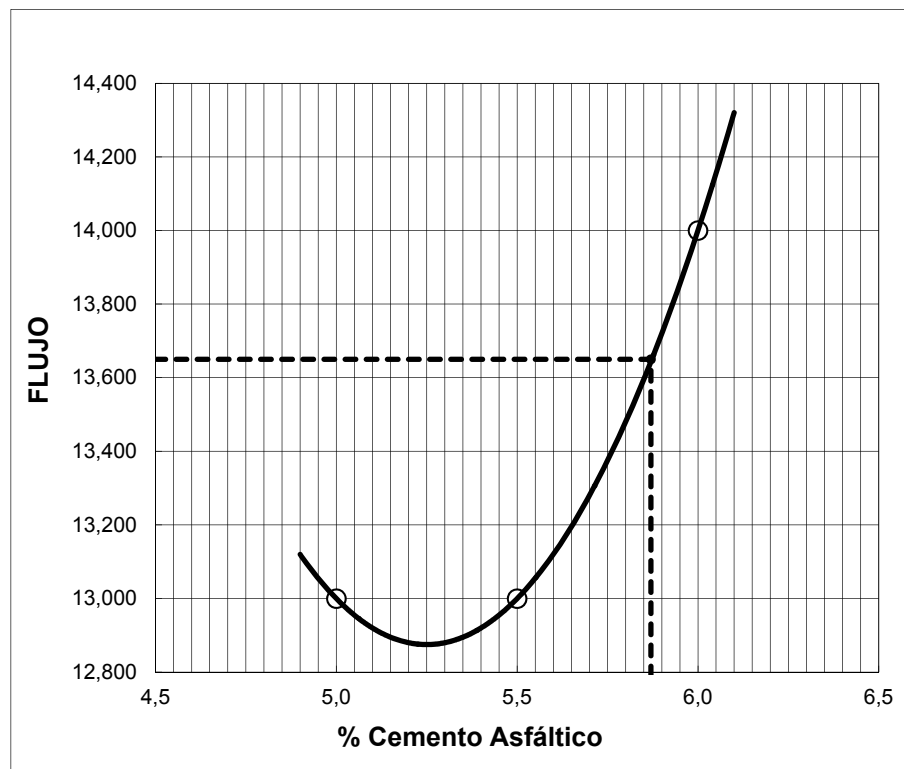
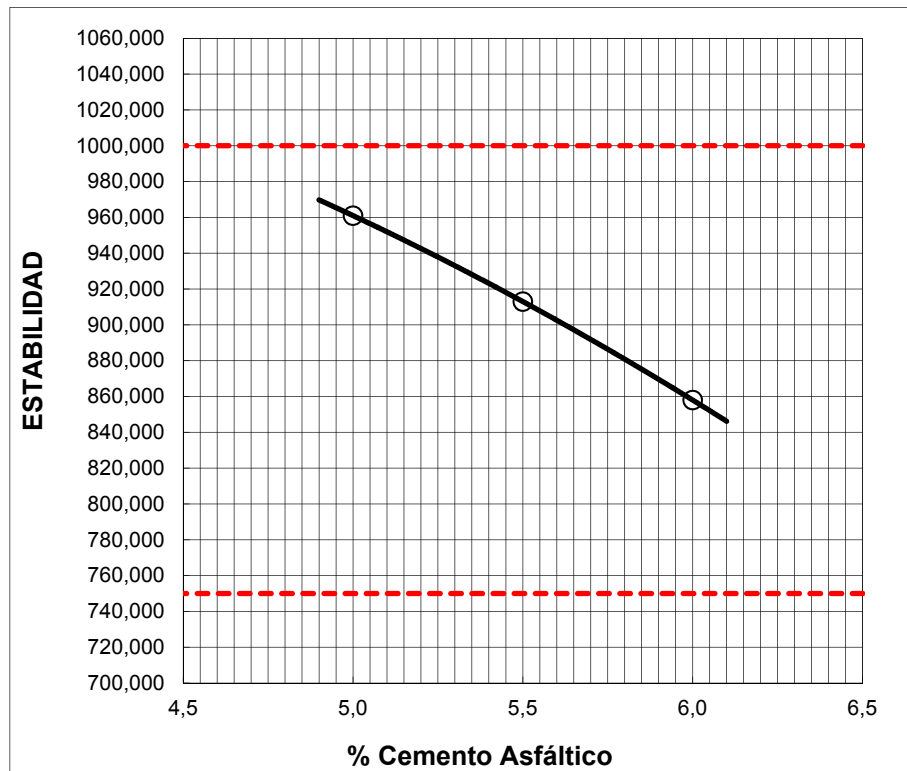
ANEXO 7.1.6) ENSAYO MARSHALL

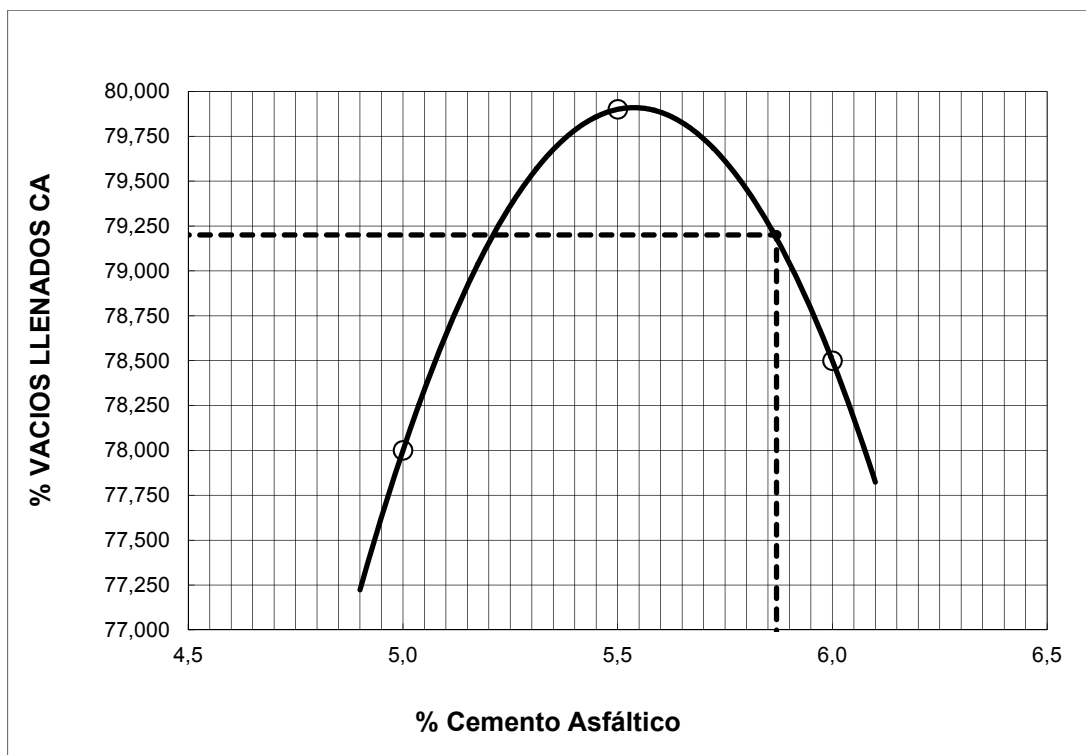
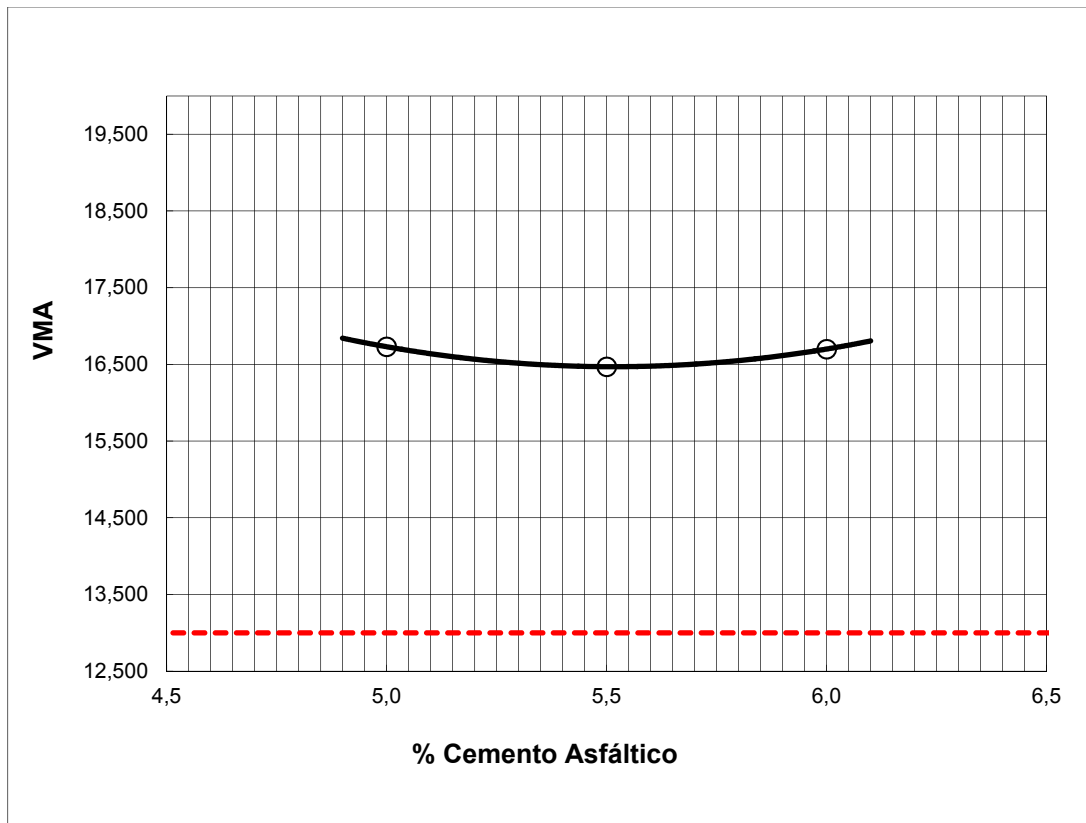
En el Anexo 7.1.6.se presenta la granulometría de la cantera donde se verifica que la gradación existente está comprendida entre los rangos solicitados.

ENSAYO		CÁLCULOS			
1	Número de Briqueta	N°	1	2	3
2	Cemento Asfáltico en peso de la Mezcla	%	5.87	5.87	5.87
3	Grava triturada en Peso de la Mezcla (Mayor N°4)	%	34.78	34.78	34.75
4	Arenas combinadas en Peso de la Mezcla (Menor N°4)	%	59.35	59.35	59.35
5	Peso Específico Aparente del Cemento Asfáltico.	gr/cc	1.02	1.02	1.02
6	Peso Específico Aparente >N°4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.762	2.762	2.762
7	Peso Específico Nominal Grava >N°4 (ASTM C-127, AASHTO T-85, MTC E-206)	gr/cc	2.820	2.820	2.820
8	Peso Específico Aparente <N°4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.750	2.750	2.750
9	Peso Específico Nominal Arena <N°4 (ASTM C-128, AASHTO T-84, MTC E-205)	gr/cc	2.803	2.803	2.803
10	Peso de la Briqueta Seca en el Aire	gr	1211.8	1218.9	1216.8
11	Peso de la Briqueta en el Aire Saturada Superficialmente Seca.	gr	1212.7	1220.5	1217.4
12	Peso de la Briqueta Sumergido en el Agua a 25°C	gr	716.9	720.4	718
13	Volumen de Briqueta	cc	495.8	500.1	499.4
14	Peso Específico Aparente del Especimen (ASTM D-2726, MTC E-514)	cc	2.44	2.43	2.42
15	Peso Específico Teórico Máximo (ASTM D-2041, AASHTO T-209, MTC E-508)	cc	2.528	2.528	2.528
16	Máxima Densidad Teórica	cc	2.526	2.526	2.526
17	Vacios con Aire (ASTM D-3203, MTC E-505)	%	3.3	3.45	3.6
18	Peso Específico Aparente del Agregado Total	gr/cc	2.754	2.754	2.754
19	Peso Específico Nominal del Agregado Total	gr/cc	2.902	2.902	2.902
20	Peso Específico efectivo del Agregado Total	gr/cc	2.782	2.782	2.782
21	Asfalto Absorbido por el Agregado Total	%	0.35	0.35	0.35
22	Vol. Del Agregado/Vol. Bruto de la Briqueta	%	83.5	83.3	83.3
23	Vol. Del Asfalto efectivo/Vol. De Briqueta.	%	13.15	13.12	13.11
24	Vacios del Agregado Mineral	%	16.47	16.7	16.73
25	Asfalto Efectivo en Peso de la Mezcla	%	5.5	5.5	5.5
26	Relación Betún Vacíos	%	79.9	78.5	78.0
27	Flujo	mm	13	14	13
28	Estabilidad sin corregir	kilos	878	825	924
29	Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04
30	Estabilidad corregida	kilos	913	858	961

GRÁFICAS MARSHALL







7.2 SEÑALIZACIÓN

7.2.1 GENERALIDADES

Posterior a la evaluación pormenorizada de la carretera se identificaron los requerimientos de señalización.

La señalización, estudiada por la ingeniería de tránsito, considera la armonía del diseño geométrico de caminos, ya que afecta a la seguridad y facilita la eficiente operación de caminos y calles. Para lograr este último propósito, la ingeniería de tránsito recurre a ciertos dispositivos tales como marcas sobre el pavimento y marcadores de tránsito.

Las señales deben cumplir la condición de ser visibles por el conductor con el tiempo suficiente para que pueda seguir las indicaciones que la señal contiene, sin disminuir la velocidad que en la vía debe mantener.

El inventario de la señalización existente comprendió la recolección de los datos de campo como son la ubicación, identificación y estado de las señales y de los demás elementos que la conforman.

El estudio de rehabilitación comprende la ubicación de señales preventivas, de reglamentación, marcas en el pavimento.

7.2.2 TIPOS DE SEÑALES

Pueden ser:

- Señales horizontales o sobre el pavimento.
- Señales verticales o marcadores de tránsito.

7.2.2.1 SEÑALES HORIZONTALES O SOBRE EL PAVIMENTO

El Reglamento general de tránsito terrestre establece que las marcas en el pavimento serán blancas o amarillas.

De modo general el color blanco se usa en circunstancias donde los vehículos pueden cruzar la marca, por ejemplo las líneas centrales de caminos rurales de dos carriles y las calles de ciudades.

Las líneas amarillas sirven de marcas donde los vehículos no deben cruzar, por ejemplo, las líneas centrales dobles en los pavimentos.

Se recomienda, para el ancho de estas franjas, de 4" a 6", excepto para marcas de acotamiento que son de 2" a 4".

Las marcas en el pavimento utilizadas en el estudio son las siguientes:

- **Línea central.** Para indicar el centro de la calzada, se utilizará una línea discontinua de segmentos de 4.50. de largo por 0.10 m. de ancho espaciadas 7.50 m. En los tramos donde esté prohibido el sobrepaso se utilizará doble línea continua de 0.10 . de ancho cada una.
La pintura utilizada será de color blanco en el tramo donde se ha proyectado doble calzada y amarillo desde donde la calzada se convierte en una sola vía
- **Línea de borde.** Para indicar el borde del pavimento. Se utilizará una línea continua en ambos lados de la carretera de 0.10 m. de ancho de color blanco.
- **Línea de parada.** Para indicar el lugar donde debe detenerse el vehículo en una intersección. Se utilizará una línea continua a todo lo ancho de la calzada de 0.50 m. de ancho de color blanco.
- **Flechas.** Para indicar el sentido de circulación de los vehículos. Se utilizará pintura de color blanco.
- **Leyenda.** Es un mensaje para reforzar o remarcar lo indicado en la señal vertical. Se utilizará pintura de color blanco.

Las marcas horizontales pueden ser de cuatro clases:

- a. **Líneas continuas.** Se emplean para restringir la circulación, ya que ningún vehículo podrá cruzar o circular sobre ellas. Prohíben que un vehículo adelante a otro o que pase de un sendero a otro en lugares peligrosos, como curvas, pendientes, cruces, etc. En las vías de doble tránsito, delimitan los dos sentidos de circulación. (VIVAR, 1995)

- b. **Líneas discontinuas.** Se emplean para facilitar y guiar la libre circulación en las vías, pudiendo ser cruzadas por los vehículos pero teniendo en cuenta de tomar las precauciones que cada caso requieran.

Podrán ser trazadas al lado de las líneas continuas; en este caso los vehículos que transitan por el lado de las líneas discontinuas podrán cruzar ambas líneas, en cambio los que circulan por el lado de las líneas continuas no podrán hacerlo. Estas líneas discontinuas sirven para delimitar las zonas de estacionamiento.

- c. **Flechas direccionales.** Señalan al conductor la dirección que deberá seguir con su vehículo.

7.2.2.2 SEÑALES VERTICALES O MARCADORES DE TRÁNSITO.

Estas señales se ubican en el lado derecho de la calzada, correspondiente a la dirección de la circulación y frente a ella. Se consideran tres clases de señales:

- a. **Señales preventivas.** Son las que advierten al conductor la naturaleza y existencia de un peligro. Se colocan en lugares y a distancias convenientes, a fin de que los conductores puedan realizar acciones oportunas sin interrumpir su marcha o sufrir accidentes.

Serán de forma romboidal, con uno de sus vértices hacia abajo.

Para caminos de velocidad directriz inferior a 60 Km/h serán de 0.60m * 0.60m; pudiéndose emplear dimensiones mayores como 0.75 y 0.90m. Solo en zonas urbanas se permiten dimensiones algo menores. (VIVAR, 1995)

Estos tipos de señales tienen los siguientes colores:

Fondo: amarillo.

Símbolos, letras y orla: negro.

Borde: amarillo caminero.

La distancia del lugar de peligro a la que debe colocarse será aquella que asegure su mayor eficacia, tanto de día como de noche. En zonas rurales se recomienda entre los 90 y 100 m.(VIVAR, 1995)

b. Señales reguladoras. Indican un orden y, por lo tanto, hacen conocer al usuario del camino de ciertas limitaciones y prohibiciones que regulan su uso y cuya violación constituye una contravención. Estas señales se clasifican en:

- Señales relativas al derecho de paso: indican preferencia de paso u orden de detención.
- Señales de sentido de circulación. Se usan en los cruces de los caminos, en las calles de una población para indicar el sentido de circulación.
- Señales prohibitivas y restrictivas. Indican la existencia de limitaciones o prohibiciones que norman el uso de la vía.

El color de estas señales será de fondo blanco, con símbolo orla y leyenda de color negro. El círculo y la franja serán rojos.

Serán colocados en un punto donde comienza la reglamentación o a una distancia no menor de 30 metros antes del punto considerado.

c. Señales informativas. Tienen por finalidad el guiar y orientar al conductor en el curso de sus viajes, acerca de rutas, distancias, pueblos existentes en su recorrido, etc.; para guiar al conductor de un vehículo a través de una determinada ruta, dirigiéndolo al lugar de su destino. Tiene también por objeto identificar puntos notables tales como: ciudades, ríos, lugares históricos, etc. Y la información que ayude al usuario en el uso de la vía y en la conservación de los recursos naturales, arqueológicos humanos y culturales que se hallen dentro del entorno vial.

Este tipo de señales serán de fondo verde con orla y leyenda de color blanco y serán colocados a una distancia del punto considerado, que

estará en función de la velocidad directriz de la vía en que se encuentra.

En general las señales deberán ser colocadas en el lado derecho de la calzada correspondiente a la dirección y frente a ellas; cuando sea necesario deberá ser repetido en el lado opuesto de la calzada. Todas estas señales se colocarán a 0.50 m del borde de la calzada en vía urbana y a 1.80m en carreteras. (VIVAR, 1995)

d. Postes kilométricos

Su objetivo es indicar al conductor sobre las distancias que recorre en la vía. Se colocarán a intervalos de 1 Km., al lado derecho del camino, siguiendo la dirección de enumeración del kilometraje.

Las señales a ser colocados serán verticales, instalados a nivel del camino ó sobre él, destinados a reglamentar el tránsito, advertir o informar a los usuarios mediante palabras o símbolos determinados.

Las señales serán:

- Señales reguladoras o de reglamentación
- Señales de prevención
- Señales de información

TABLA 7. 12. Señales Informativas

DESCRIPCIÓN DE SEÑAL	PROGRESIVA	MARGEN
INFORMATIVA		
C.P CHATUMA	5+900	DERECHA
C.P CHIMBO	8+760	DERECHA
DISTRITO CUTURAPI	10+300	DERECHA
C.P QUEÑUANI	12+540	DERECHA
YUNGUYO	19+800	DERECHA
REGULADORAS		
CHATUMA	7+960	DERECHA
CHATUMA	8+200	IZQUIERDA
PREVENTIVAS		
CHATUMA C.E.	7+700	DERECHA
CHATUMA C.E	7+900	IZQUIERDA
TECNOLOGICO	17+350	DERECHA
TECNOLOGICO	17+850	IZQUIERDA



CAPÍTULO VIII

8. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

8.1 GENERALIDADES

Los Distritos de la Provincia de Yunguyo y el Distrito de Pomata de la Provincia de Chucuito Juli, se encuentran en pobreza y extrema pobreza de acuerdo al último documento publicado por INEI en 2007, actualmente carecen la falta de algunos servicios de calidad y oportuna, entre ellos se tiene la actual vía asfaltada panamericana sur tramo Chacachaca – Yunguyo – Kasani.

8.2 OBJETIVO DEL ESTUDIO

El presente Estudio de Impacto Ambiental semi detallado (EslAsd) del estudio “Rehabilitación de la Carretera Chacachaca – Yunguyo - Kasani” de 22+635 km tiene por objetivo principal determinar los impactos ambientales que puede generar las actividades de rehabilitación de la vía en los componentes ambientales más sensibles en el área de influencia directa, en el medio físico, biótico, socioeconómico y cultural de las comunidades y centros poblados que se encuentran en el trayecto de la mencionada vía. Así como desarrollar las medidas correctivas para mitigar los posibles impactos ambientales negativos en el medio ambiente durante la ejecución y operación de la vía, logrando un desarrollo armónico entre las diferentes actividades y el medio ambiente.

- Describir la Línea de Base Ambiental del área de influencia del estudio.
- Identificar y evaluar los impactos ambientales, positivos y negativos que podría generar la rehabilitación de la vía.

8.3 MARCO LEGAL

Para la evaluación del estudio de impacto ambiental en primer lugar se toma en cuenta la LEY N°27446 en la cual se categoriza el presente estudio.

Dentro de este contexto, las normas bajo las cuales se desarrolla el presente estudio de impacto ambiental son:

- Constitución Política del Perú
- Ley General del Ambiente (Ley N° 28611)
- Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (Ley 27446)
- D.S. N° 019-2009-MINAM, Reglamento de la Ley N° 27446.
- Ley que regula el derecho por extracción de materiales de los álveos o cauces
- de los ríos por las municipalidades (Ley N° 28221). 07/05/2004
- Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano. (D.S. N° 0027-2003 VIVIENDA). 06/10/2003
- Reglamento de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (D.S. N° 74-2001- PCM) 24/06/2001
- Ley General de Expropiaciones (Ley N° 27117) 20/05/1999
- Ley General de Comunidades Campesinas. (Ley N° 24656) 14/04/1987

8.4 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ÁMBITO DE INFLUENCIA

8.4.1 ÁREA DE INFLUENCIA DEL ESTUDIO

El área de influencia directa considerado para el presente estudio comprende una franja de 500 metros a cada lado de la vía desde la localidad de Chacachaca hasta Kasani. El estudio de rehabilitación cruza comunidades, centros poblados y Capitales de distritos y Provincia de Yunguyo hasta la frontera con la República de Bolivia.

El área de influencia indirecta se ubica en toda la provincia de Yunguyo y provincias colindantes como Chucuito Juli y Puno, respectivamente.

ANEXO 8.4.1) ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA

8.4.2 AMBIENTE FÍSICO

Se realizará una descripción del área de influencia directa, las principales características físicas del entorno o medio ambiente físico.

8.4.2.1 PARÁMETROS METEOROLÓGICOS DEL ÁREA DE INFLUENCIA

Se ha recorrido a las instituciones para recabar información meteorológica de las estaciones más cercanas a la zona.

En ese sentido, la estación meteorológica más próxima al área de estudio corresponde a la estación Tahuaco de la Provincia de Yunguyo por tener parámetros meteorológicos registrados. Asimismo, se tiene información de la estación Pomata que registra también datos de los parámetros meteorológicos que se encuentran muy cerca al área de influencia.

TABLA 8. 1. Información Meteorológica Tahuaco.

INFORMACIÓN METEREOLÓGICA ESTACIÓN TAHUACO – YUNGUYO 1979 – 1998 (20 AÑOS)		
Latitud Sur	:16°19'	Departamento:Puno
Longitud Oeste:	69°03'	Provincia :Yunguyo
Altitud:	3868 msnm.	Distrito : Yunguyo.
Estación:	Tahuaco	

Parámetros Metereológicos	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	UIO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Temperatura Máxima (°C)	14.5	14.8	14.8	14.7	14.4	13.1	12.0	13.8	14.8	15.6	15.0	15.6	175.0
Temperatura Mínima (°C)	4.1	3.5	3.3	1.7	-1.1	-3.0	-3.2	-1.7	0.1	1.0	3.0	3.6	12.1
Temo-Media Mensual (°C)	0.3	0.2	0.1	8.2	6.6	5.1	4.&	6.1	7.5	8.8	8.C	0.6	7.7
Precipitación mensual (mm)	192.8	140.3	138.4	54.5	13.1	12.1	8.1	16.6	26.0	52.1	75.0	115.0	845.8
Humedad Relativa	61.0	62.0	62.0	53.0	43.0	30.0	40.0	42.0	44.0	44.0	45.0	52.0	48.0
Nubosidad (octavos)	6.7	6.4	6.0	4.5	3.0	2.5	2.4	2.7	4.T	4.5	5.4	6.0	
Velocidad Viento] (ms)	3.6	3.3	3.2	3.0	2.8	2.0	3.0	3.1	3.5	3.7	3.8	3.6	3.2
Insolación (°b)	46.0	50.0	55.0	72.0	82.0	84.0	85.0	82.0	75.0	73.0	66.0	54.0	
PresiónAtmosférica (mb)	645.7	645.8	646.3	646.7	646.6	646.6	646.4	646.2	545.1	645.6	645.3	645.3	

Fuente: SENAMHI - Puno.

- **Temperatura Media mensual**

La temperatura media mensual en el área de influencia es de 7.7°C, con variaciones de 4.9°C en el mes de Julio y 9.6°C en el mes de Diciembre.

- **Precipitación**

En el área de influencia se tiene una precipitación promedio anual de 845.8 mm/año, lo que contribuye al desarrollo agrícola y pecuario en la zona.

Las precipitaciones a lo largo del año, con una temporada de lluvias comprendida entre los meses de octubre y abril, seguida por una época de estiaje bien marcada, la cual se extiende entre los meses de mayo a septiembre.

- **Humedad relativa**

Está condicionado por la temperatura y valor de agua existente en el aire, por lo que los registros alcanzados en la zona, determinan un promedio anual de 48.9%; con fluctuaciones durante el año de 39% en el mes de Julio y 62% en los meses de Enero y Febrero respectivamente.

- **Vientos**

La velocidad media anual de los vientos es de 3.2m/s, con fluctuaciones en el transcurso del año de 2.8 m/s en el mes de Mayo; sin embargo en los meses de Agosto, Setiembre, Octubre y Noviembre alcanza velocidades de 3.1 a 3.8 m/s.

- **Evaporación**

La evaporación durante el año ocurre casi uniforme, con cierta variación ligera; en el mes de Junio (3.4 mm/día) es el mes con menos evaporación.

- **Calidad de aire**

Por otro lado, con respecto a la calidad del aire en la zona se puede afirmar que es buena, en vista que no existe mayores focos emisores de contaminantes del aire.

Las labores de remoción de la carpeta asfáltica y movimiento de tierras en la vía, así como en las canteras serán las posibles fuentes de generación de material particulado (polvo).

Se considera que no afectará considerablemente las actividades en la calidad del aire en el área de influencia.

- **Geología general**

La zona en estudio, presenta una geología propia del altiplano, con formaciones geológicas de rocas sedimentarias, con planicies cuya formación obedece al proceso de arrastre de sedimentos de las partes altas hacia zonas bajas de las laderas de los cerros.

- **Suelos**

Dentro del área de influencia directa se puede observar suelos sedimentarios, con condiciones para desarrollar la agricultura y la ganadería, los cultivos típicos de la zona como papa, habas, quinua, entre los más principales.

La provincia de Yunguyo se caracteriza fundamentalmente por presentar en su contexto geográfico, terrenos medianamente accidentados, donde presenta quebradas transversales, cortaduras abruptas y profundas en las partes altas con pequeños riachuelos y en las orillas del Lago Wiñaymarca el terreno es plano y húmedo.

En el distrito capital de la Provincia de Yunguyo, la tierra está considerada como uno de los recursos fundamentales con que cuentan los pobladores; de esta forma la calidad y la distribución tanto espacial como de propiedad, determinan las características del comportamiento de su economía.

- **Recursos Hídricos**

Se pudo observar cursos de aguas superficiales que cruzan la vía, cuyas nacientes están en el cerro Kapia y desembocan al Lago Titicaca, tienen caudales pequeños e inclusive algunos de ellos se mantiene secos en el momento de la visita realizada.

8.4.3 AMBIENTE BIÓTICO

- **Flora**

En el área de influencia existe una variedad de flora, según la Altitud, condiciones climáticas y topografía, la composición florística está caracterizada por la presencia de árboles, especies arbustivas, predominando la vegetación herbácea con asociaciones de pastizales.

Por la condición climática propia del altiplano la variedad de la flora en la localidades es básicamente pastizales de poco valor nutritivo; entre ellos

destacan las especies como “thola” “Kanlla”, “ichu”, “iru ichu”, “chilligua” y pastos naturales comestibles para los animales domésticos y silvestres.

- **Fauna**

El inventario de la fauna estuvo dirigido básicamente a las aves y mamíferos silvestres en la zona de influencia. La lista de la fauna se presenta en los cuadros, además se encuentra la descripción de las características más importantes de la fauna del área de influencia.



TABLA 8. 2. Descripción de las especies herbáceas más representativas en el área de influencia

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	PREDOMINANCIA	COBERTURA	CARACTERÍSTICAS
"Chillihua"	<i>Festuca dolichophylla</i>	Gramíneas	regular	Agrupada	Especie que se desarrolla en las planicies de puna húmeda y seca, tiene crecimiento efecto, con valor forrajero y comible por los animales.
"Ichu. T'shña"	<i>Stiba obtusa</i>	Gramíneas	regular	Agrupada	Especie que se desarrolla en las planicies de puna húmeda y seca, tiene crecimiento efecto, con valor forrajero y poco comible por los animales.
"Ichu"	<i>Stipa Ichu</i>	Gramíneas	regular	Agrupada	Especie que se desarrolla en las planicies de puna húmeda y seca, tiene crecimiento efecto, con valor forrajero comible por los ovinos.
"Grama dulce"	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>		regular	continuo	Especie que se desarrolla en las pampas y zonas húmedas generalmente crece a una altura de 5 a 10 cm, con valor forrajero y comible especialmente por ovinos.
"Canlli"	<i>Marficarpus pinnatus</i>	ROSÁCEA	regular	Disperso	Especie que se desarrolla en las pampas secas, generalmente en suelos pobres y jóvenes, crecen una altura de 15 a 50 cm. Es poco comible.
"Chiqchipa"	<i>Tafetes mandonii</i>		tibisi'	Disperso	Especie que se desarrolla en las planicies de puna húmeda, tiene crecimiento efecto, es considerado como planta medicinal con valor forrajero y poco comible por los animales.
"llachu"	<i>Potamogetum atrictus</i>	Rocas y Pedregal	Escaso	Agrupado	Especie que desarrolla en los ríos y lagunas en forma de manojos, de 30 hasta 50 cm, de altura, es comible especialmente por el ganado vacuno y en una memoria por ovinos, los cuales se encuentran en los ríos antes mencionados.
"hinojo llacho"	<i>Mytophyllum quitense</i>	Haloraguidacea	Escaso	Agrupado	Especie que crece en lagunas y ribera de canales de riego rústicos en forma de manojos, de 15 hasta 30 cm., de altura, es poco comible por los animales.

Fuente: Elaboración propia y consulta de textos de flora y fauna del Altiplano de Puno.

TABLA 8. 3. Descripción de los mamíferos más representativos en el área de influencia de la vía.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	HABITAT	DISTRIBUCION	ESTATUS	CARACTERÍSTICAS
MAMÍFEROS SILVESTRES					
"Zorroandino"	Disisyun culpacus	Césped puna Pajonal puna Rocas y Pedregal	Raro	Migratorio	Es una especie que se refugia en las zonas rocosas y recorre pastizales en busca de alimento y devora en su mayoría las crías de ovinos y alpacas; es escaso y cosmopolita
"Zorrino"	Conepatus rex	Pajonal puna	Raro	Migratorio	Es una animal que habita en las gaterías de tierra yo roca generalmente de noche sale en busca de alimentos.
"Ratón de campo"	Akodon sp	Pajonal puna Rocas v Pedregal	Escáso	Residente	Especie que se refugia en los pajonales, pedregales y cabanas, se alimenta de granos de especies de la zona.
MAMÍFEROS DOMÉSTICOS					
"VACA"	Boss taurus	Pajonal puna Bofedal	abundante	Residente	Mamífero domestico, criado para la producción de leche, carne por los pobladores de la zona.
"Oveja"	Ovis aries	Césped puna Pajoral puna	abundante	Residente	Mamífero domestico, criado para producción de carne. Lana y piel por los pobladores de la zona.
"Alpaca"	Lama pacus	Césped puna Pajonal puna Bofedal	abundante	Residente	Mamífero domestico, criado para la producción de carne y fibra por los pobladores de la zona
"Asno"	Equus asinus	Pajonal puna Bofedal	Abundante	Residente	Mamífero, criado como medio de transporte de carga, en época de siembre y cosecha de cultivos

Fuente: Elaboración propia y consulta de textos de flora y fauna del Altiplano de Puno.



TABLA 8. 4. Descripción de las aves más representativas en el área de influencia

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTÍFICO	HABITAT	DISTRIBUCIO	ESTATU	CARACTERÍSTICAS
AVES TERRESTRES					
“alkamari” o “mariano”	Phalcobaenus albugulares	Pajonal puna Rocas	Raro	Migratorio	Especie rapaz, es un controlador biológico y predador.
“Halcón”	Falco femoralis	Rocas y Pedregal	Raro	Migratorio	En una especie predador de aves y roedores pequeños.
“Lequecho”	Vallenus resplendens	Césped puna Pajonal puna	Escáso	Residente	Habita en los pajonales y cerca de agua y áreas de cultivo.
“Pichitanca”	Zonotrichian capensi	Césped puna Pajonal puna	Raro	Migratorio	Especie que habita en los pajonales y riveras de ríos.
“Cernícalo”	Falco sparverius	Césped puna Pajonal puna	Raro	Migratorio	Es una especie predador de mamíferos y aves pequeños, es carnívoro.
“Aguilucho cordillerano”	Buteo poecilochrous	Pajonal puna Rocas	Raro	Migratorio	Es una especie predador de mamíferos y aves pequeños, es carnívoro.
“Golondrina andina”	Petrochelidon andicola	Pajonal puna Rocas	Raro	Migratorio	Especie que habita en los pajonales y pedregales.
“Chihuanco”	Turdus chiguanco	Pajonal puna	Raro	Residente	Especie que se alimenta de frutos de los arbustos.

Fuente: Elaboración propia y consulta de textos de flora y fauna del Altiplano de Puno.



8.4.4 AMBIENTE SOCIO ECONÓMICO

- **Población de la Provincia de Yunguyo**

De acuerdo al censo de población y vivienda realizado en el año 2007, la provincia de Yunguyo cuenta con 47,400 habitantes.

- **Vivienda**

El tipo de material predominante para la construcción de las viviendas en la provincia de Yunguyo, en un 81% es de adobe o tapial, propio del lugar y del altiplano, seguido de un 19% de material de ladrillo o bloque de cemento, respectivamente.

Con respecto a la predominancia del material de piso en las viviendas, en un 56% tienen pisos de tierra en las viviendas, en un 33% de cemento y resto de otros materiales; esto demuestra que en tienen deficiencias en las comodidades y la salud de las personas por contar en su mayoría con pisos de tierra.

Con respecto al techo de las viviendas, se tiene que un 76% cuentan con techos de calamina, en un 19% de concreto y seguidos de paja o material de la zona.

- **Alumbrado en las viviendas**

En un 75% tienen alumbrado mediante electricidad, un 16% cuentan con alumbrado a base de velas y un 6% a base de kerosene y otras fuentes de energía.

- **Servicio de agua potable**

En la provincia de Yunguyo, el 70% cuenta con agua potable, red pública dentro de la vivienda, en un 17% toma agua de pozos, más del 8% tiene diferentes fuentes como red pública fuera de vivienda, agua de manantiales y acequias u otras fuentes de agua, etc.

- **Salud**

La provincia de Yunguyo cuenta con 16 establecimientos de salud que consta de un hospital en la ciudad de Yunguyo, dos centros de salud y 13 puestos de salud, de estos últimos 04 están localizados en capitales de distrito y los restantes 09 en centros poblados del distrito de Yunguyo.

- **Necesidades básicas insatisfechas**

Existen necesidades básicas insatisfechas, principalmente como la nutrición en los niños, educación de calidad, vivienda digna, transporte, electricidad, agua potable y saneamiento, acceso a la salud y desarrollo de actividades productivas y turísticas.

El departamento de Puno, podemos destacar que un 81.4 % de la población se encuentra en situación de pobreza al año 2006.

En el cuadro siguiente se observa los porcentajes de las poblaciones que se encuentran sin algunos servicios en los hogares de los diferentes Distritos de la Provincia de Yunguyo.

TABLA 8. 5. Indicadores de pobreza en la Provincia de Yunguyo por Distritos al 2007

Distrito	Población 2007	% Población rural	% Población sin agua	% Población sin desagüe	% Población sin electricidad	% mujeres analfabetas	% niños 0-12 años	Tasa desnutrición niños 6-9 años	Índice desarrollo humano
YUNGUYO	28367	58%	31%	30%	20%	29%	28%	23%	0.546
ANAPIA	2294	33%	15%	30%	54%	7%	18%	18%	0.570
COPANI	5436	90%	90%	41%	14%	34%	30%	20%	0.519
CUTURAPI	1598	59%	99%	15%	23%	36%	27%	11%	0.549
OLLARAYA	4644	91%	13%	34%	26%	37%	20%	20%	0.494
TINICACHI	1490	34%	95%	14%	21%	18%	23%	13%	0.539
UNICACHI	3571	64%	30%	29%	26%	32%	14%	17%	0.527

Fuente: Elaboración propia



- **Educación**

La educación, es el factor determinante y primordial en el desarrollo socioeconómico – cultural de las personas y sociedades, con la adquisición de mayores conocimientos será positiva la calidad de vida, porque le permite un mejor análisis de su realidad con respecto a la toma de sus propias decisiones.

El nivel educativo alcanzado por la población según el censo del 2005, se aprecia que solo un 1.7% tiene educación universitaria completa, un 16.65% tiene educación secundaria, solo un 14.74% primaria completa y no tiene ningún nivel el 17.08%.

- **Actividad pecuaria**

Esta actividad es complementaria a la actividad agrícola básicamente orientada a la producción de carne, quesos y cueros. Existen praderas nativas que con un adecuado manejo pueden sustentar una buena ganadería.

En cuanto a la población pecuaria en general se registra una tendencia lenta en crecimiento y productividad (vacunos, ovinos y camélidos), sólo el ganado vacuno y ovino un crecimiento constante. Por otro lado, la crianza de animales menores (cuyes y aves) sobre los cuales no existen estadísticas.

- **Actividad Agrícola**

La superficie de tierras cultivables mecanizable para la provincia de Yunguyo, asciende a 12,900.00 hectáreas.

En los últimos años se observa un desarrollo muy lento de esta actividad, solo se cultiva el 50% del total de la superficie agrícola (estimación de los propios agricultores de la zona) y el volumen total de la producción tiene una tendencia decreciente orientada básicamente

para el autoconsumo de los pobladores, así como el rendimiento de los principales productos (papa, cebada, habas, oca, maíz, olluco, quinua y tarwi).

La ruta carretera Yunguyo – Kasani (hacia la zona de frontera con Bolivia), actualmente es usada como tierra de cultivo (habas, papa), estando identificada por el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, como una zona de riesgo por inundación.

La dinámica comercial de la producción agrícola, es reflejada todos los domingos; oportunidad que los campesinos venden sus productos a la localidad de Yunguyo y a compradores de otras provincias.

- **Actividad pesquera**

Una actividad que se ha venido incrementando es la referida a la Pesca, convirtiéndose el lago Titicaca, no solo en una despensa natural, sino que con el adecuado manejo que brindan los pescadores de la zona, está a comenzado a tener auge en la crianza de peces (truchas) de la zona con jaulas flotantes de tipo artesanal.

8.4.5 AMBIENTE CULTURAL

La Provincia de Yunguyo se encuentra ubicada en el Istmo del mismo nombre, entre los lagos TITICACA - WIÑAYMARCA, parte Sur - este de la Región Puno, República del Perú en zona alto andina denominada meseta del Collao, área de influencia del Titicaca, lago navegable más alto del mundo.

Entre dos colosales vigías los cerros Kaphia y Juana se yergue la ciudad de Yunguyo capital de la provincia, el sitio donde actualmente está ubicada, data desde los períodos culturales de la civilización Tiahuanaco. Posiblemente fue un asiento de un conglomerado de pocas familias que moraron en este lugar,

dedicados mayormente a la actividad agrícola, porque así lo permitía el microclima de las riberas del Lago Titicaca, pero la historia nos informa que en el altiplano se suceden bruscos cambios de temperatura, cada siete o diez años, una sequía acompañada de fuertes heladas; como consecuencia se desataban periodos de hambruna, epidemias y la migración de los habitantes hacia los valles de la costa y la sierra. Este fenómeno socio económico sigue repitiéndose en la actualidad.

La actividad turística al interior de la ciudad de Yunguyo, está dada básicamente por el poblado de Kasani, el mismo que ofrece una acogedora estadía por la variada de infraestructura comercial con que cuenta y una ubicación estratégica, ya que es zona obligada para los turistas que viajan a Bolivia – Copacabana, alcanzando una mayor concurrencia en las festividades religiosas de la Virgen de Copacabana en el mes de agosto. Además el mismo que presenta una mixtura de paisaje natural y artificial.

8.5. IDENTIFICACION Y EVALUACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Deberá realizarse mediante métodos o técnicas para la identificación y evaluación de los impactos ambientales, por las consideraciones tomadas en cuenta para realizar la presente estudio, se optó por tomar metodología más adecuada para el presente estudio.

8.5.1 FACTORES AMBIENTALES DEL MEDIO

8.5.1.1 MEDIO FÍSICO

Aire:

- Calidad de aire.
- Ruidos.

Suelo:

- Erosión
- Uso potencial y calidad del suelo

Agua:

- Calidad de agua superficial
- Calidad de agua subterránea

8.5.1.2 MEDIO BIOLÓGICO

Flora:

- Pastos naturales y cultivos
- Bofedales

Fauna:

- Especies silvestres
- Especies domésticas

8.5.1.3 MEDIO SOCIOECONÓMICO

- Empleo (mano de obra)
- Actividad ganadera
- Actividad comercial y productiva
- Transitabilidad de la vía

8.5.1.4 CULTURAL

- Paisaje

8.5.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS

- **Descripción de los impactos ambientales**

Luego se presentan la descripción de los impactos ambientales en la tabla siguiente:

TABLA 8.6. Resumen de impactos ambientales del estudio.

COM PONENTES DEL MEDIO	IMPACTOS AMBIENTALES	ELEMENTOS CAUSANTES	IMPACTO	POSITIVO NEGATIVO	CALIFICACIÓN POR CONDICIÓN DE DIRECTO O INDIRECTO	CALIFICACIÓN POR PROBABILIDAD DE OCURRENCIA
AIRE	Incremento de los niveles de ruido	Operación de maquinaria	Ruido descontrolado en el lugar de extracción.	Negativo	Directo	Poca a moderada probabilidad de ocurrencia
		Transporte de materiales	Ruido por circulación de de los volquetes de la cantera hacia la Obra	Negativo	Directo	Poca a moderada probabilidad de ocurrencia
	Incremento de gases de combustión	Operación y movimiento de maquinaria	Generación de gases en el área de extracción	Negativo	Directo	Poca a moderada probabilidad de ocurrencia
		Transporte de materiales	Emisiones de gases temporales y distribuidas en los lugares por donde circulan los vehículos	Negativo	Directo	Poca a moderada probabilidad de ocurrencia
	Incremento de material particulado	Operación y movimiento de maquinaria	Emisiones de material particulado en el área de extracción	Negativo	Directo	Poca a moderada probabilidad de ocurrencia
		Transporte de materiales Perfilado. Compactado. Escarificado y afirmado de la capa de rodadura	Emisiones de material particulado Temporales y distribuidas en los lugares de trabajo	Negativo	Directo	Poca a moderada probabilidad de ocurrencia
AGUA	Alteración de la calidad De agua superficial de los ríos y riachuelos	Transporte de materiales, Perfilado. Compactado Escarificado y afirmado de la capa de rodadura Construcción de obras de arte y drenaje (Cunetas, alcantarillas, muros, contiene y otros)	Disminución de la calidad de agua superficial	Negativo	Directo	Poca a moderada probabilidad de ocurrencia
	Alteración de la cantidad de agua superficial de ríos y riachuelos	Transporte de materiales Perfilado. Compactado. Escarificado y afirmado de la capa de rodadura.	Disminución de la calidad de agua Superficial	Negativo	Directo	Mediana a alta probabilidad de ocurrencia

COM PONENTES DEL MEDIO	IMPACTOS AMBIENTALES	ELEMENTOS CAUSANTES	IMPACTO	POSITIVO NEGATIVO	CALIFICACIÓN POR CONDICIÓN DE DIERECTO O INDIRECTO	CALIFICACIÓN POR PROBABILIDAD DE OCURRENCIA
RELIEVE GEODINÁMICA	Riesgo de erosión	Extracción en canteras	Erosión del suelo	Negativo	Directo	Moderada probabilidad de ocurrencia
		Disposición final del desmonte en botaderos	Alteración de la cubierta del suelo en el sector donde se ubica la disposición final de desmonte	Negativo	Directo	Moderada probabilidad de ocurrencia
	Incremento de vibraciones	Transporte de material de cantera hacia la obra	Vibraciones a generadas por el transporte de materiales y distribución en los lugares por donde se movilizan los volquetes	Negativo	Directo	Ocurrencia indefectible
		Operación de Maquinarias	Vibraciones permanentes de maquinarias	Negativo	Directo	Ocurrencia indefectible
	Modificación del relieve	Movimiento de tierras en las canteras	Moderada alteración del relieve por extracción de material de cantera	Negativo	Directo	Poca a moderada probabilidad de ocurrencia
SUELO	Riesgo de contaminación por vertidos accidentales	Operación y movimiento de maquinarias y volquetes	Derrames en el lugar de mantenimiento y sectores donde opera la maquinaria	Negativo	Directo	Moderada probabilidad de ocurrencia
FAUNA	Migración temporal de la fauna	Operación de maquinarias, rodadura de material, detonación de explosivos	Disminución temporal de la fauna en los sectores aledaños a la obra	Negativo	Indirecto	Poca probabilidad de ocurrencia
FLORA	Disminución de la cobertura vegetal	Movimiento de tierras, transporte de materiales, perfilado, compactado, escarificado y afirmado de la capa de rodadura	Disminución de la cobertura vegetal en los lugares de trabajo	Negativo	Directo	Moderada probabilidad de ocurrencia
ASPECTOS SOCIALES	Riesgo de conflicto social por explotación de cantera	Extracción de material de cantera Botadero de desmontes	No aceptación inicial de los propietarios	Negativo	Indirecto	Moderada probabilidad de ocurrencia



COM PONENTES DEL MEDIO	IMPACTOS AMBIENTALES	ELEMENTOS CAUSANTES	IMPACTO	POSITIVO NEGATIVO	CALIFICACIÓN POR CONDICIÓN DE DIRECTO O INDIRECTO	CALIFICACIÓN POR PROBABILIDAD DE OCURRENCIA
	Riesgo de deterioro de infraestructura por vibraciones	Operación de maquinarias	Vibraciones permanentes en el área de extracción de material Vibraciones dispersas de traslado permanente por las vías por donde traslada hacia la obra	Negativo	Directo	Moderada o alta probabilidad de ocurrencia
SALUD	Riesgo de lesiones auditivas y respiratorias	Operación de maquinarias	Ruidos y emisiones permanentes de regular densidad en los lugares de operación de la maquinaria		Directo	Poca a moderada probabilidad de ocurrencia
ASPECTOS ECONÓMICOS	Afectación a la economía de los usuarios	Todas las actividades	Demora en el tiempo de viaje por trabajos en la vía	Negativo	Indirecto	Alta probabilidad de ocurrencia
	Generación de empleo temporal	Movimiento de tierras Transporte de materiales Perfilado, Compactado, escarificado, afirmado de la capa de rodadura Construcción de obras de arte y drenaje (Cunetas, alcantarillas y otros)	Incremento temporal de empleo	Positivo	Indirecto	Moderada probabilidad de ocurrencia
	Demora en el tiempo de viaje (DURANTE LA EJECUCIÓN)	Todas las actividades	Pérdida de tiempo en el viaje hacia los centros poblados y ciudades	Negativo	Indirecto	Alta probabilidad de ocurrencia
	Reducción de tiempo de viaje (DURANTE LA OPERACIÓN)	Todas las actividades	Beneficio para la población local una vez rehabilitado la vía y reduce los costos y tiempo de viaje	Positivo	Indirecto	Mediana probabilidad de ocurrencia
ASPECTOS CULTURALES	Alteración del paisaje	Todas las actividades	Afectación del paisaje por nuevos trazos, cortes, instalación de nuevas infraestructuras viales. La zona de canteras se verá afectado levemente el paisaje	Negativo	Directo	Poca o moderada probabilidad de ocurrencia

Fuente: Elaboración propia



8.5.3 HOJAS DE CAMPO

Se identificaron un conjunto de impactos ambientales que se generarían o se podrían presentar en el ámbito de influencia directa del estudio.

TABLA 8. 7. Hoja de campo - Cantera

CANTERA
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
"REHABILITACION DE LA CARRETRA CHACACHACA-YUNGUYO-KASANI" DE 22+635 KM
UBIACIÓN / DETALLES
UBICADO A 7+300 KM DEL INICIO DE TRAMO CHACACHACA CANTERA JAPU
IMPACTO AMBIENTAL:
DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LA VÍA SE HARÁ MOVIMIENTO DE TIERRAS EN LA CANTERA JAPU,LO CUAL PODRIA GENERAR MATERIAL PARTICULADO SUSPENDIDO,CON LO CUAL DISMINUIRIA LA CANTIDAD DE AIRE DE LA ZONA POSIBLE GENERACIÓN DE GASES TOXICOS PRODUCTO DE COMBUSTION EN LA MAQUINARIA PESADA POSIBLE ALTERACIÓN DEL PATRAJE DE LA ZONA
MEDIDAS DE MITIGACION Y/O PREVENCIÓN:
DEBERA CONTROLARSE EN LAS OPERACIONES DE EXPLOTACIÓN DE LA CANTERA, LOS MOVIMIENTOS DE TIERRA DEBE SER LO SUFICIENTEMENTE Y NO HACER MAS DE LO NECESARIO REALIZAR CONTROL Y CHEQUEO DE LOS MOTORES DE LA MAQUINA

Fuente: Elaboración propia



FOTO 8. 1. Impacto Ambiental - Cantera

TABLA 8. 8. Hoja de campo – Depósito de Material Excedente DME

DEPÓSITO DE MATERIAL EXCEDENTE DME
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.
"REHABILITACIÓN DE LA CARRETERA CHACACHACA-YUNGUYO-KASANI" DE 22+635 KM
UBICACIÓN /DETALLES:
UBICADO A LA ALTURA DE LA PROGRESIVA 6+120KM CUYA AREA A UTILIZAR SERA DE 4300M2 , EL CUAL ESTA DISPONIBLE
IMPACTO AMBIENTAL:
DURANTE LA REHABILITACIÓN DE LA VÍA GENERA MATERIAL EXCEDENTE EL CUAL SERA DEPOSITADO EN EL DME INDICADO,LO CUAL PODRIA GENERAR MATERIAL PARTICULADO SUSPENDIDO,POR ENDE PUEDE DISMINUIR EL ARTE DE LA ZONA GENERACIÓN DE GASES TÓXICOS PRODUCTO DE LA COMBUSTIÓN EN LA MAQUINARIA PESADA. POSIBLES DESACUERDOS DE PARTE DE LOS PROPIETARIOS EN CEDER EL USO DEL SUELO PARA DME. LEVE ALTERACION DEL PATRAJE DE LA ZONA Y REMOCIÓN DE VEGETACIÓN NATURAL DE LA ZONA
MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y/O PREVENCIÓN :
DEBERA CONTROLARSE EN LAS OPERACIONES DEL DME ,LOS MOVIMIENTOS DE TIERRA DEBE SER LO SUFICIENTEMENTE NECESARIO REALIZAR CONTROL Y CHEQUEO DE LOS MOTORES DE LA MAQUINARIA FIRMAR ACTOS PARA LA COMPENSACION DE PARTE DEL CONTRATISTA REALIZAR REVEGETACION EN LA ZONA DEL DME UNA VEZ CULMINADA LA OBRA

Fuente: Elaboración propia



FOTO 8. 2 .Impacto Ambiental – Depósito de MaterialExcedente

TABLA 8. 9. Hoja de campo – Campamento Patio de Máquinas y Planta de Asfalto

CAMPAMENTO,PATIO DE MAQUINAS Y PLANTA DE ASFALTO
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
``REHABILITACIÓN DE LA CARRETERA CHACACHACA-YUNGUYO-KASANI`` DE 22+635 KM
UBICACIÓN / DETALLES:
UBICADO A LA ALTURA DE LA PROGRESIVA 8+120 KM , CUYA AREA A UTILIZAR SERA DE 3000 M2 , EL CUAL ESTA DISPONIBLE
IMPACTO AMBIENTAL:
DURANTE LA REHABILITACIÓN DE LA VÍA, EN EL CAMPAMENTO SE GENERA IMPACTOS NEGATIVOS COMO EMISIÓN DE GASES, MATERIAL PARTICULADO,RUIDO ENTRE OTROS POSIBLE DESACUERDOS DE LA PARTE DE LOS PROPIETARIOS EN UTILIZAR EL LUGAR PARA EL CAMPAMENTO Y OTROS. POSIBLE ALTERACIONN DEL PAISAJE DE LA ZONA Y REMOSION DE LA COBERTURA VEGETAL
MEDIDAS DE MITIGACION Y/PREVENCION:
DEBERA CONTROLARSE EN LO POSIBLE DE NO GENERAR EMISIÓN DE GASES, MATERIAL PARTICULADOS, RUIDO ENTRE OTROS. FIRMA DE ACTAS PARA LA COMPENSACIÓN A LOS AFECTADOS REALIZAR REVEGETACIÓN EN LA ZONA PERTURBADA UNA VEZ CULMINADA LA OBRA Y DESMANTELADO EL CAMPAMENTO.

Fuente: Elaboración propia



FOTO 8. 3. Impacto Ambiental – Campamento Patio de Máquinas y Planta de Asfalto

TABLA 8. 10. Hoja de campo – Contaminación de las Aguas Superficiales

POSIBLE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
``REHABILITACIÓN DE LA CARRETERA CHACACHACA-YUNGUYO-KASANI`` DE 22+635KM
UBICACIÓN / DETALLES PROGRESIVA 8+860KM RIO CHIMBO PROGRESIVA 10+860 KM RIO CUTURAPI (SIN AGUA) PROGRESIVA 12+840 KM RIO QUEÑUANI PROGRESIVA 14+100 KM RIO COLQUEJAHUTRA PROGRESIVA 16+720 KM RIO IMICATE (SIN AGUA)
IMPACTO AMBIENTAL
POSIBLE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS DE LOS RIOS MENCIONADOS POSIBLE AFECTACION A LA FLORA Y FAUNA ACUATICA
MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y / PREVENCIÓN :
NO CONTAMINAR LAS AGUAS PROHIBIR A LOS OPERADORES DE MAQUINAS EL LAVADO DE LA MAQUINA U OTROS EQUIPOS EN EL CURSO DE ESTAS GUAS
NO VERTER DESMONTE A LOS CURSOS DE AGUA, DESECHOS SOLIDOS ENTRE OTROS.
CAPACITACION EN EDUCACION AMBIENTAL EN LOS TRABAJADORES EN GENERAL

Fuente: Elaboración propia



FOTO 8. 4. Impacto Ambiental – Contaminación de las Aguas Superficiales

8.6 PLAN DE MANEJO SOCIOAMBIENTAL

Se requiere que todas las actividades de rehabilitación se realicen teniendo como guía el Plan de Manejo Socio-ambiental; conforme a las normas ambientales vigentes y la instrumentación de las medidas técnicas para la mitigación de los impactos potenciales negativos y optimizar los impactos positivos.

8.6.1 OBJETIVO

- Lograr la conservación del entorno ambiental durante los trabajos de construcción de la vía afirmada; el cual incluye el cuidado y defensa de los recursos naturales existentes, evitando la afectación al ambiente.
- Establecer un conjunto de medidas socio ambientales específicos para mejorar y/o mantener la calidad ambiental del área de estudio, de tal forma que se eviten y/o mitiguen los impactos socio ambientales negativos y logren en el caso de los impactos socio ambientales positivos, generar un mayor efecto ambiental.
- Plantear los programas de seguimiento o monitoreo, contingencia, capacitación y educación ambiental, abandono de obra y señalización ambiental.

Se plantea algunos programas básicos para la viabilidad ambiental:

- Programa de Mitigación y/o prevención
- Programa de Monitoreo ambiental
- Programa de Compensación social
- Programa de Educación ambiental
- Programa de Contingencias
- Programa de Abandono de obra
- Programa de Señalización ambiental

8.6.2 PROGRAMA DE MITIGACIÓN Y/O PREVENCIÓN

Tiene como objetivo establecer un conjunto de medidas que permitirán prevenir, controlar, corregir, evitar o mitigar los efectos sobre el ambiente, durante las actividades de construcción de la vía.

Esta debe contener la descripción detallada de cada medida de mitigación propuesta, el impacto al cual está relacionada, las condiciones bajo la cual será requerida (en el diseño, antes o durante la construcción, en forma permanente, para contingencias, etc.) y sus requerimientos de diseño y equipos, así como los procedimientos para su ejecución, cronograma de implantación de acuerdo con el cronograma de obras, responsables por su implementación y el costo requerido.

8.6.2.1 MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y/O PREVENTIVAS

Son las diferentes medidas que permitirán prevenir los posibles efectos degradantes al medio ambiente que consistirá en el establecimiento de procedimientos, equipos y demás medios que mitigarán la frecuencia y magnitud de los posibles daños ambientales que podrían ocasionar a los componentes ambientales sensibles por la mala utilización o sobre-explotación de los recursos.

A continuación se plantea las medidas de mitigación y/o preventivas para los diferentes impactos ambientales identificados; los cuales son:

8.6.2.1.1 EN EL MEDIO FÍSICO

a. Aire

Incremento de niveles de ruido

Se plantea las siguientes medidas de mitigación:

- Las maquinarias y vehículos, deben mantener el sistema de silenciadores en buen estado de funcionamiento; de tal forma, que se puedan disminuir los ruidos fuertes y molestos; sobre todo cuando estos pasen cerca de centros poblados.

- Los límites máximos permisibles para la emisión de ruido, deben ser considerados según las indicaciones realizadas en el Programa de Seguimiento y Monitoreo Ambiental.
- Dotar al personal de equipos de seguridad adecuados, en este caso específicos tapones para los oídos.
- El mantenimiento constante y periódico de la maquinaria y vehículos. Se recomienda que el mantenimiento se realice semanalmente para obtener mejores resultados.

Incremento de la concentración de los gases de combustión

Se plantea las siguientes medidas de mitigación:

- Dotar al personal de trabajo de un adecuado equipo de protección necesario para trabajar con estos materiales (guantes, mascarillas para solventes, botas, ropa de lana).
- Realizar un adecuado mantenimiento de toda la maquinaria y equipos, verificando el sistema de combustión, que garantice la reducción de gases contaminantes.

Incremento de material particulado en el aire

Se plantea las siguientes medidas de mitigación:

- Durante el transporte de material producto de la explotación de las canteras, se tendrá que mantener cubierto con lonas húmedas para evitar ser arrastrado por el viento.
- Se exigirá el uso de protectores de las vías respiratorias a los trabajadores y maquinistas que estén mayormente expuestos al polvo.
- Humedecer los patios de carga y maniobras, para evitar la posible emisión de polvo y otros materiales particulados a la atmósfera.

- Humedecer los caminos de acceso a las canteras, asimismo las vías por donde transitará los volquetes.

b. Agua

Alteración de la calidad de agua superficial de los ríos y riachuelos

Se plantea las siguientes medidas de mitigación:

- En las canteras establecer sitios adecuados para el almacenamiento del material producto de la explotación, de manera que no pueda ser arrastrado por la corriente de agua.
- La explotación de material de las canteras deberá ser realizada fuera del nivel del agua, debido a que la movilización de la maquinaria en zonas que se encuentren por debajo de este nivel, genera remoción del material con el consecuente aumento de la turbiedad del agua. Si la explotación del material se realiza dentro del lecho del río, este deberá de realizarse como máximo hasta 1.50 metros de profundidad, para evitar la alteración y recuperación de su lecho natural.
- No se colocará materiales de construcción ni materiales excedentes de obra, en lugares cercanos a orillas de ríos o fuentes de agua, ya que estas podrían ser lavadas y arrastradas por una lluvia hacia dichos cuerpos de agua.
- Durante la construcción de las obras de arte y de drenaje, todos los residuos sólidos y líquidos deberán ser dispuestos adecuadamente (bolsas de cemento, agregados, embaces, encofrados, entre otros). La disposición no deberá realizarse en lugares cercanos a cruces con cuerpos de agua, se deberá colocar barreras que impidan la contaminación del drenaje natural.

- Se prohibirá labores de mantenimiento de maquinarias y vehículos (particulares y de la empresa ejecutara) en zonas cercanas a fuentes de agua, para evitar su posible contaminación.

Alteración de la cantidad de agua superficial de los ríos y riachuelos y drenaje natural

Se plantea las siguientes medidas de mitigación:

- En los cursos de agua donde la cantidad de agua es poca no deberá extraerse, se recomienda hacer uso de agua del río blanco o fuente de agua que tenga un caudal suficiente.
- Se recomienda respetar el caudal ecológico de todas las fuentes, para ello podrá ser calculado mediante la siguiente fórmula:

$$Q_e = 10\%(Q_a)$$

Dónde:

Q_e = Caudal ecológico, no debe ser menor al 10% para mantener la vida acuática.

Q_a = Caudal actual del curso de agua

- Deberá prohibirse utilizar agua de los manantiales u ojos de agua que existen en el trayecto de la vía (salvo para consumo humano).
- En cruces de cursos agua con la carretera implementar obras de construcción que posibiliten el libre flujo de agua; como alcantarilla, pontones y badenes, según sea el caso.
- En cuanto a las canteras evitar invadir zonas que se encuentran fuera del área definida, para la explotación.

- Cuando las actividades de construcción interrumpen el normal flujo de aguas subterráneas en aquellas áreas de recarga de acuíferos, se deberá de recoger las aguas de la escorrentía, las cuales una vez tratadas, serán vertidas en la zona de recarga; o en el caso de no recibir tratamiento, se tendrá que conducir las mediante cunetas y canalizaciones fuera de la zona de captación.
- Evitar el derrame de sustancias contaminantes como lubricantes, aceites y combustibles; para lo cual se designará sitios específicos para el almacenamiento de estas sustancias en donde se implementen materiales impermeables en el suelo que eviten su infiltración.
- No se hará uso de las aguas de los acuíferos para las actividades de construcción de la vía.

d. Relieve y Geodinámica

Incremento de vibraciones

Se plantea las siguientes medidas de mitigación:

- En la medida de las posibilidades reducir transitar maquinaria pesada cerca de las viviendas o colegios, postas de salud o lugares públicos.
- Capacitación permanente a los operadores de máquinas.

Modificación del relieve

Se plantea las siguientes medidas de mitigación:

- En lo posible tratar de no afectar el relieve de la zona.
- Realizar actividades compensatorias como, favorecer el crecimiento de la cubierta vegetal en la zona y la inmigración de las especies faunísticas.

- La empresa ejecutora solamente podrá alterar o modificar las áreas dentro del derecho de vía y los sitios de las estructuras temporales; sin intervenir otras áreas fuera del ámbito del estudio.

e. Suelos

Riesgo de contaminación por vertidos accidentales

- El abastecimiento de combustible y las operaciones de mantenimiento se realizarán dentro de zonas y talleres recomendados para este fin, de manera que los desechos de estas actividades no contaminen el suelo.
- En caso de ocurrir algún derrame de sustancias tóxicas al suelo, se procederá a la excavación del mismo hasta la profundidad que ha de alcanzar la contaminación, para luego ser depositado en un recipiente y derivado a un lugar establecido para su disposición final.
- Se instalarán en zonas de lavado de maquinarias sistemas de desarenadores y trampas de grasas.

8.6.2.1.2 EN EL MEDIO BIÓTICO

a. Aire

Migración temporal de la fauna

- Delimitar el área de trabajo y establecer señales de prohibición de caza.
- Establecer una zona de amortiguamiento entre la cantera y los lugares donde se ubican las especies silvestres, especialmente patos, los cuales son abundantes en los ríos y lugares de acumulación de agua.

- Recalcar en el Programa de Educación y Capacitación Ambiental información sobre las especies que abundan a los alrededores.
- Establecer una señalización temporal adecuada en zonas de pastoreo de ganados.
- Delimitar el área de trabajo, evitando que la maquinaria opere fuera de dicha área.
- En caso de ocurrencia de algún accidente imprevisto, la empresa ejecutora deberá asumir la responsabilidad, indemnizando al dueño afectado.

b. Flora

Disminución de cobertura vegetal

- Establecer las condiciones ambientales iniciales, a fin de establecer una referencia inicial de la zona.
- Identificar lugares cercanos con cobertura vegetal similar o mejor, a fin de que cuando se inicie el reacondicionamiento se pueda trasladar dicha cobertura vegetal al lugar intervenido.
- Se deberá utilizar áreas con alteración previa (caminos de accesos existentes, botaderos y canteras utilizadas anteriormente, etc.), de esta forma se reducirá y evitará impactos sobre las comunidades vegetales.
- Las áreas alteradas serán rehabilitadas hasta alcanzar o incrementar su capacidad inicial, revegetando con especies nativas, que permitan mantener el potencial productivo de estos.
- Se evitará que las maquinarias y vehículos pesados de construcción se instalen cerca de los bofedales.
- En las áreas alteradas (canteras) se colocará suelo orgánico (tierra de chacra) para incrementar la fertilidad y la retención

de nutrientes facilitando el restablecimiento de las comunidades vegetales.

- La capa de tierra de chacra tendrá un espesor no menor de 20 cm.
- Aplicar adecuadamente el Programa de Abandono de Obra.

8.6.2.1.3 EN EL MEDIO SOCIOECONÓMICO

a. Aspectos sociales

Riesgo de conflicto social por explotación de canteras y botaderos

- Firma de acuerdo de explotación de las canteras con los propietarios.
- Cumplir con el programa de compensación social.

Riesgo de deterioro de infraestructuras por vibraciones

- En la medida de las posibilidades reducir transitar maquinaria pesada cerca de las viviendas o colegios, postas de salud o lugares públicos.
- Capacitación permanente a los operadores de máquinas.

b. Salud

Riesgo de lesiones auditivas y respiratorias

- Evitar el malestar en la población local por emisión de ruido y emanación de polvo.
- Los trabajos de construcción cercanos a centros poblados se deberá de realizar en un sólo turno y deberá ser diurno (7:00 a.m. – 6:00 p.m.).

- Mantener en buen estado mecánico los vehículos y maquinarias pesadas; de ser necesario implementar equipos de silenciadores.
- Dotar de equipos necesarios para los operadores de máquinas

c. Aspectos socioeconómicos

Generación de empleo temporal

- Dar preferencia a empleo temporal a los propietarios de los terrenos afectados por la construcción de la vía.
- La empresa ejecutora deberá tomar mano de obra no calificada de la zona y no deberá admitir foráneo o los que migran por acceder un trabajo.
- Avisar anticipadamente sobre el requerimiento de trabajo por diversos medios oficiales, especificando los requisitos mínimos.
- Establecer canales oficiales para el contrato de trabajo, no usar intermediarios.
- Comunicar el número de trabajadores necesarios y los requisitos mínimos.
- Comunicar las temporadas de requerimiento de personal con anticipación.

Demora en el tiempo de viaje (durante la ejecución)

- Todas las actividades deberá ser cumplidas estrictamente tal como se encuentra establecido.
- Habilitar vías alternas en los lugares donde se ejecuta la obra, tratando de no afectar propiedad de terceros, como terrenos agrícolas, zonas de pastoreo, bofedales; utilizar preferentemente caminos existentes.

- Habilitar rutas alternas provisionales para las bicicletas.
- Incrementar la señalización temporal en las zonas de centros poblados.
- Las maquinarias y vehículos contarán con un adecuado sistema de avisos sonoros.
- En aquellos colegios que posean la puerta de salida en dirección a la vía, se les implementará una salida lateral, previa coordinación con las autoridades locales, de manera que, no afecte a la integridad física de los alumnos durante los trabajos de construcción.

Reducción en el tiempo de viaje (durante la operación)

- Una vez que la vía sea rehabilitada, el tiempo de viaje será menor a lo anterior, por lo tanto tendrá un ahorro económico los pobladores en trasladarse de un lugar a otro.
- La Municipalidad de Acora, en la etapa de operación deberá fiscalizar los costos de transporte en ésta zona.

8.6.2.1.4 EN EL MEDIO CULTURAL

a. Alteración del paisaje

- Tratar en la medida de las posibilidades afectar en lo mínimo el paisaje de la zona, por ejemplo, se recomienda utilizar en el pintado de las obras colores compatibles con el paisaje, estructuras que utilicen materiales de la zona, etc.

8.6.3 PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL

Para el estudio de la rehabilitación de la vía, el control, frecuencia de monitoreo, presentación de reportes y la frecuencia de análisis químicos de calidad de aire y agua que se encuentran en el área de

influencia, se llevará a cabo según lo establece la normas ambientales vigentes.

8.6.3.1 MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE

Se recomienda monitorear la cantidad de material particulado generado por las actividades extractivas en la cantera y en la misma vía y la emisión de gases de combustión de características tóxicas provenientes de la combustión de las maquinarias.

8.6.3.2 MONITOREO DE NIVEL DE RUIDO

Se recomienda realizar el monitoreo del nivel de ruido a fin de prevenir la emisión de altos niveles de ruido que puedan afectar la salud y la tranquilidad de los trabajadores de la obra y la población local.

8.6.3.3 MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA

Durante las actividades de construcción, se deberá monitorear todos los cursos de agua que podrían verse contaminados o afectados por las labores propias de la actividad, principalmente por material particulado proveniente de las actividades realizadas en las canteras o por otros contaminantes como grasas, aceites o combustibles provenientes de las maquinarias y vehículos utilizados en los trabajos de la obra.

Los puntos de monitoreo tomados en la línea de base ambiental deberán ser tomados en cuenta, principalmente en los siguientes ríos:

- Río Chimbo.
- Río Cuturapi.
- Río Queñuani.
- Río Colquejahuira.

- Río Imicate.

La frecuencia deberá ser trimestral y de acuerdo al avance de las obras. Se recomienda utilizar como referencia los Estándares de Calidad Ambiental del Agua ECA Agua vigente en nuestro país.

8.6.3.4 MONITOREO POSTERIOR AL CIERRE DE LAS OPERACIONES

Debemos indicar que será necesario continuar monitoreando después del cierre de las operaciones para evaluar el éxito de las diferentes medidas de mitigación y medidas de cierre.

8.6.4 PROGRAMA DE COMPENSACIÓN SOCIAL

Su ejecución no afectará las áreas de pastos naturales, por lo que no será necesaria la compensación social.

Salvo exista oposición el uso del suelo en la zona ubicada para el DME y campamento de la obra, será necesario realizar la compensación social respectiva.

8.6.5 PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL

Este Programa, contiene los lineamientos generales de educación y capacitación ambiental. Al respecto se debe de considerar las siguientes actividades:

8.6.5.1 DIRIGIDO AL PERSONAL DE OBRA

Se tratarán tres temas de importancia para el correcto desarrollo de las actividades de construcción, entre las cuales figuran:

Seguridad laboral

Donde se tratarán temas principalmente sobre medidas de seguridad e higiene en el trabajo, prevención de accidentes,

primeros auxilios y organización de las operaciones de socorro; a fin de dar cumplimiento a la Norma E.100 de seguridad, del Reglamento Nacional de Construcciones.

Protección ambiental

Se tratará temas sobre la responsabilidad personal, protección ambiental, medidas preventivas y/o correctivas, tratamiento y disposición de desechos, contaminación de aguas y suelos y relaciones comunitarias. Se informará, para un mejor conocimiento de los trabajadores sobre la variedad de especies faunísticas que se presentan en los alrededores de las obras y la situación actual en la que se encuentran, con el propósito de despertar la sensibilidad ambiental del personal.

Procedimientos de emergencia

Se tratarán temas sobre procedimientos ante la ocurrencia de incendios, accidentes de personal, derrames de combustible, sismos, entre otros

8.6.5.2 DIRIGIDO A LA POBLACIÓN LOCAL

La Municipalidad Provincial de Yunguyo por su parte puede organizar junto con los Alcaldes menores de los centros poblados y presidentes de comunidades involucradas, charlas de educación ambiental sobre la problemática de la contaminación del medio ambiente, debido a la generación de elementos contaminantes (sólidos y líquidos) por la operación de las instalaciones provisionales durante la etapa de construcción; así como, las emisiones de gases contaminantes generados por el tránsito de vehículos, que pueden ocasionar daño a la salud de la población.

Asimismo, la empresa Contratista deberá organizar charlas educativas para las poblaciones, explicando la función que cumple la infraestructura vial, instruir sobre la prohibición de la construcción ilegal de predios en el derecho de vía de la carretera y los problemas que ocasionaría en el futuro.

8.6.6 PROGRAMA DE CONTINGENCIAS

Durante la fase de rehabilitación de la vía, podrían presentarse situaciones de emergencia relacionadas con los riesgos ambientales y/o desastres naturales; es por ello que el Programa de Contingencias, puede brindar los conocimientos técnicos que permitirán afrontar estas situaciones

8.6.6.1 RIESGOS POTENCIALES IDENTIFICADOS

- Posible ocurrencia de sismos.
- Posible ocurrencia de incendios.
- Posible ocurrencia de derrumbes.
- Posible ocurrencia de derrames de combustibles, lubricantes y/o elementos nocivos.
- Posible ocurrencia de problemas técnicos (Contingencias Técnicas).
- Posible ocurrencia de accidentes laborales.
- Posible ocurrencia de problemas sociales (Contingencias Sociales).

8.6.6.2 IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE CONTINGENCIAS

Se recomienda establecer una Unidad de Contingencias contra riesgo de accidentes y eventualidades al inicio de las actividades de construcción.

El personal, equipos y accesorios necesarios, para hacer frente a cada uno de los riesgos potenciales identificados, constituyen otros factores importantes e imprescindibles, para la implementación del Programa. A continuación se describen cada uno de los factores de implementación:

a. Unidad de Contingencias

La Unidad de Contingencias tendrá como función, poner en práctica el Programa de Contingencias, y estará constituida por el Coordinador de Seguridad Industrial, personal capacitado, equipos y accesorios. Entre las acciones que realizará la Unidad de Contingencias son las siguientes:

- Efectuar coordinaciones previas con las autoridades locales, teniendo en cuenta las acciones que le corresponden de acuerdo a su función, y coordinar acciones con el Sistema Nacional de Defensa Civil (SINADECI) y los Centros de Salud cercanos al área de influencia, a fin de que estén alerta, ante una eventual emergencia.

b. Personal capacitado

El personal miembro de la Unidad de Contingencias estará capacitado respecto a medidas y procedimientos adecuados para afrontar, los diversos riesgos identificados, conocer el manejo de los equipos y también de procedimientos de primeros auxilios.

c. Equipo de primeros auxilios y socorros

La implementación y disponibilidad de los equipos de primeros auxilios y socorro es de obligatoriedad para la empresa

d. Implementos de seguridad en obra

El personal de obra dispondrá de un equipo de protección para prevenir accidentes, adecuados a las actividades que realizan, por lo cual, la empresa ejecutora está obligado a suministrarles los implementos y medios de protección personal.

e. Equipo contra incendios

Se contará con equipos contra incendios, los cuáles, estarán compuestos principalmente por extintores, implementados en todas las unidades móviles, así como en otras instalaciones del campamento de obra.

f. Equipo contra derrame de sustancias tóxicas

Cada almacén donde se guarde el combustible, aceite, lubricantes y otros productos peligrosos, tendrá un equipo para controlar los derrames suscitados.

g. Unidades de desplazamiento

Durante las actividades de construcción de la vía afirmada, se contará con unidades móviles de desplazamiento rápido.

8.6.6.3 MEDIDAS DE CONTINGENCIAS

Las medidas de contingencias contemplan los riesgos por sismos, ocurrencia de incendios, derrumbes, derrames de combustibles, lubricantes y /o elementos nocivos, problemas técnicos, accidentes laborales, y sociales.

a. Ocurrencia de sismos

Considerando la zonificación sísmica del país, donde el tramo vial puede estar sujeto a la ocurrencia de posibles movimientos telúricos. Ante ello, el personal administrativo y operativo del campamento e instalaciones, deberá conocer los procedimientos sobre las medidas de seguridad a seguir en caso de ocurrencia de sismos.

b. Ocurrencia de problemas técnicos

Referidos a la atención de cualquier eventualidad originados por aspectos técnicos, tales como: omisiones de detalles o diseño de obras, errores en la ubicación de obras de arte, fallas estructurales, hidráulicas, etc.; así como, los ocasionados por fallas en el proceso constructivo

c. Posible ocurrencia de accidentes laborales

La posible ocurrencia de accidentes laborales durante la operación de los vehículos y maquinaria pesada utilizados para la ejecución de las obras, son originados principalmente por deficiencias humanas o fallas mecánicas de los equipos utilizados, para lo cual se deben seguir los siguientes procedimientos:

- Comunicar previamente a los centros asistenciales de las localidades adyacentes a la carretera, el inicio de las obras, para que éstos estén preparados frente a cualquier accidente que pudiera ocurrir. La elección del centro de asistencia médica respectiva, responderá a la cercanía y gravedad del accidente.
- Para prevenir accidentes, la empresa ejecutora está obligado a proporcionar a todo su personal, los implementos de seguridad propios de cada actividad, como: cascos, botas, guantes, protectores visuales, etc.

- De no ser posible la comunicación con la Unidad de Contingencias, se procederá al llamado de ayuda o auxilio externo al Centro Asistencial o Policial más cercano para proceder al traslado respectivo, o en última instancia recurrir al traslado del personal mediante la ayuda externa.

8.6.7 PROGRAMA DE ABANDONO DE OBRA

La restauración de las zonas afectadas y/o alteradas por la ejecución de la vía deberá hacerse bajo la premisa que las características finales de cada una de las áreas ocupadas y/o alteradas, deben ser en lo posible iguales o superiores a las que tenía inicialmente. Se debe considerar los siguientes casos:

- Abandono de obra (al término de ejecución de la obra)
- Abandono del área (al cierre de operaciones de la infraestructura)

8.6.7.1 ABANDONO DE OBRA

Uno de los principales problemas que se presentan al finalizar la ejecución de una obra vial, es el estado de deterioro ambiental y paisajístico de las áreas ocupadas por las actividades constructivas y/o instalaciones provisionales de la obra.

Se debe realizar la limpieza general de las zonas utilizadas en la rehabilitación del camino. Además, se debe cumplir con las siguientes medidas:

a. En las áreas de explotación de cantera

Al término de la explotación de la cantera mencionada; la empresa Contratista debe restaurar las áreas afectadas.

b. En las áreas ocupadas por el campamento de obra

Toda el área intervenida para la instalación del campamento, será restaurado a las condiciones ambientales iniciales o mejoradas.

c. Abandono del DME

Los depósitos de materiales excedentes DME de obra deben ser restaurados de manera que guarden armonía con la morfología existente del área y de acuerdo al entorno ecológico de su localización

8.6.7.2 ABANDONO DEL ÁREA (CIERRE DE OPERACIONES)

El objetivo principal del programa de abandono del área, es restaurar el área que ocupaba dicha vía, hasta alcanzar las condiciones originales después de cumplir con su vida útil, y evitar posibles problemas ambientales en su entorno, que podrían generarse debido al cierre de operaciones de las obras.

8.6.8 PROGRAMA DE SEÑALIZACIÓN AMBIENTAL

Son una indicación de la situación en que el operario se puede encontrar dentro de la actividad que va a desarrollar, de modo que se le indica cómo debe actuar ante un riesgo determinado.

8.6.8.1 OBJETIVO DEL USO DE LA SEÑALIZACIÓN

La señalización ambiental deberá de ser usado, siempre que los riesgos existentes, situaciones de emergencia previsibles y las medidas preventivas adoptadas pongan en manifiesto:

a. Colores de seguridad

En el siguiente cuadro se muestra los colores de seguridad, su significado e indicaciones sobre su uso.

TABLA 8. 11. Colores de seguridad en señalización ambiental

COLOR	SIGNIFICADO	INDICACIONES
Rojo	Señal de prohibición	Comportamiento peligrosos
	Peligro-alarma	Alto, parada, dispositivos de desconexión de emergencia. Evacuación.
	Material y equipo	Identificación y localización.
Amarillo o amarillo anaranjado	Señal de advertencia	Atención, precaución, verificación.
Azul	Señal de obligación	Comportamiento o acción específica. Obligación de utilizar un equipo de protección individual.
Verde	Señal de salvamento auxilio	Puertas, salidas, pasajes, material, puestos de salvamento o de socorro, locales.
	Situación de seguridad	Vuelta la normalidad.

Fuente: Elaboración propia

Cuando el color de fondo sobre el que tenga que aplicarse el color de seguridad pueda dificultar la percepción de este último, se utilizara un color de contraste que en marque o se alterne con el de seguridad, de acuerdo con el siguiente cuadro.

TABLA 8. 12. Color de contraste en señalización ambiental

COLOR DE SEGURIDAD	COLOR DE CONTRASTRE
Rojo	Blanco
Amarillo o amarillo	Negro
Azul	Blanco
Verde	Blanco

Fuente: Elaboración propia

b. Consideraciones generales en señalización

- Las señales serán lo más sencillas posible.
- Las señales serán de un material que resista lo mejor posible los golpes, las inclemencias del tiempo y las agresiones medio ambientales.
- Las señales se instalarán preferentemente a una altura y en una posición apropiadas en relación al ángulo visual.

- A fin de evitar la disminución de la eficacia de la señalización no se utilizarán demasiadas señales próximas entre sí.
- La señalización es un elemento clave para evitar o reducir al máximo los riesgos del lugar de trabajo. Por ello, se deberán respetar todas las señales de seguridad existentes, sin llevar a cabo alteraciones que puedan alterar su significado y dar lugar a errores de interpretación.

c. Señalización Ambiental

Este tipo de señalización tiene como objetivo la protección del entorno ambiental de la carretera, mediante avisos de prohibición y de información.

TABLA 8. 13. Señalización ambiental

POR SU FINALIDAD	POR SU DURACIÓN	SEÑALIZACIÓN
De prohibición	Permanente	LA VEGETACIÓN NO LA DESTRUYAS EVITA LA PERDIDA DE LOS SUELOS
De información	Permanente	PROTEJAMOS NUESTRA FLORA
De prohibición	Permanente	NO CONTAMINE EL MEDIO AMBIENTE
De información	Permanente	MANEJE CON CUIDADO CRUCE DE ANIMALES
De información	Permanente	PROTECAMOS NUESTRO MEDIO AMBIENTE
De información	Permanente	EL DERECHO DE VIA ES DE 12 MTS DESDE EL BORDE DE LA CARRETERA
De información	Permanente	CONSERVEMOS LA FLORA Y FAUNA DEL LUGAR
De prohibición	Permanente	MANTENGA LIMPIA TU LOCALIDAD NO ARROJES BASURA
De prohibición	Permanente	CUIDA LA BELLEZA PAISAJÍSTICA ¡NO DEPREDAS LA FLORA Y FAUNA;

Fuente: Elaboración propia

La forma, color, dimensiones y tipo de materiales a utilizar en las señales, soportes y dispositivos estarán de acuerdo a las regulaciones contenidas

en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del MTC y a las Especificaciones Técnicas de Calidad de Materiales para uso en señalización de Obras.



CAPÍTULO IX

9. PRESUPUESTO Y PROGRAMACIÓN

9.1 OBJETIVO

El objetivo es determinar los metrados por partidas específicas y calcular el valor referencial base de las obras de mejoramiento de la carretera, para lo cual se tendrá en consideración, el reglamento de metrados, los costos de materiales, mano de obra, equipo a utilizar, tiempo de ejecución y otros.

Se elaboró un Presupuesto Base; formado por los metrados (cómputo del consumo de materiales) y los Precios Unitarios de las Partidas, el producto de ambos nos dan los Precios Parciales y la sumatoria de ellos, el Costo Directo, al que se le adicione a los Gastos Generales, utilidad y el IGV, para obtener el Costo Total de la Obra.

Toda la elaboración de lo concerniente a la elaboración del presupuesto de obra se ha hecho tomando como base las siguientes publicaciones:

- Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Reglamento de Metrados.
- Costos y Presupuestos (CAPECO).
- Costos y Presupuestos (ICG).
- Índice Unificado de Precios (Publicación en el Diario el Peruano)
- Normas de Seguridad de Defensa Civil

9.2 BASE DE CÁLCULO

9.2.1 METRADOS

El metrado se ha realizado de acuerdo a las partidas indicadas en el Manual para el diseño de caminos pavimentados de bajo volumen de

tránsito del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción.

ANEXO 9.2.1) METRADOS



TABLA 9. 1. Resumen del metrado para rehabilitación con Asfalto en caliente

RESUMEN DE METRADOS PARA REHABILITACIÓN CON ASFALTO EN CALIENTE			
Item	Descripción	Und.	Total
1.00	OBRAS PROVISIONALES		
1.01	ALMACEN Y CASETA DE GUARDIANÍA	m2	162.00
1.02	CARTEL DE OBRA DE 3.60 X 2.40m.	Und.	1.00
1.03	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPOS	GLB.	1.00
2.00	OBRAS PRELIMINARES		
2.01	TRAZO Y REPLANTEO DE VIA	KM.	22.64
2.02	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	m2	140337.00
2.03	FRESADO BASE E=15 CM	m2	140337.00
2.04	TRASLADO DE MATERIAL PROVENIENTE DE FRESADO	m3	21050.55
2.05	MATERIALES PARA SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD	GLB.	1.00
3.00	REHABILITACIÓN DE LA VÍA		
3.01	BASE GRANULAR		
3.01.01	TRAZO Y REPLANTEO PARA BASE	KM.	22.64
3.01.02	EXTRACCIÓN Y APILAMIENTO DE MATERIAL DE CANTERA PARA BASE	m3	5613.48
3.01.03	ZARANDEO DE MATERIAL DE BASE	m3	5613.48
3.01.04	CARGUÍO DE MATERIAL DE CANTERA PARA BASE	m3	5613.48
3.01.05	TRANSPORTE DE MATERIAL DE CANTERA PARA BASE	m3	5613.48
3.01.06	MEZCLADO DE MATERIAL SELECCIONADO CON HORMIGÓN	m3	28067.40
3.01.07	CARGUÍO DE MATERIAL MEZCLADO	m3	28067.40
3.01.08	TRANSPORTE DE MATERIAL MEZCLADO	m3	28067.40
3.01.09	CONFORMACIÓN DE BASE	m3	28067.40
3.01.10	RIEGO CON AGUA	m3	2385.73
3.02	CARPETA ASFÁLTICA		
3.02.01	TRAZO Y REPLANTEO PARA IMPRIMADO	KM.	22.64
3.02.02	EXTRACCIÓN DE ARENA PARA IMPRIMADO	m3	1403.32
3.02.03	CARGUÍO DE ARENA PARA IMPRIMADO	m3	1403.32
3.02.04	TRANSPORTE DE ARENA PARA IMPRIMADO	m3	1403.32
3.02.05	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICO CON RC-250	m2	190128.49
3.02.06	TRAZO Y REPLANTEO PARA ASFALTO EN CALIENTE	KM.	22.64
3.02.07	EXTRACCIÓN Y APILAMIENTO DE ARENA	m3	12475.96
3.02.08	CARGUÍO DE ARENA	m3	12475.96
3.02.09	TRANSPORTE DE ARENA	m3	12475.96
3.02.10	ARENADO	m2	140337.00
3.02.11	MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE 3"	m3	12475.96
3.02.12	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFÁLTICA	m3	12475.96
3.02.13	LIMPIEZA DE LA SUPERFICIE	m2	140337.00
3.02.14	ESPARCIDO Y COMPACTADO	m2	140337.00
4.00	MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE BERMAS		
4.01	LIMPIEZA DE BERMAS	m2	40743.00
4.02	IMPRIMACIÓN DE BERMAS	m2	40743.00
4.03	ARENADO DE BERMAS	m2	40743.00
5.00	LIMPIEZA EN OBRAS DE ARTE Y DRENAJE		

5.01	DESCOLMATACIÓN Y LIMPIEZA EN CUENTAS	m	5580.00
5.02	LIMPIEZA EN ALCANTARILLAS	Und.	46.00
6.00	SEÑALIZACIÓN		
6.01	SEÑALIZACIÓN INFORMATIVA	Und.	5.00
6.02	SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA	Und.	4.00
6.03	SEÑALIZACIÓN REGLAMENTARIA	Und.	2.00
7.00	PINTURA EN PAVIMENTO		
7.01	PINTURA EN PAVIMENTO	m2	2260.00
8.00	FLETE TERRESTRE		
8.01	FLETE TERRESTRE	GLB.	1.00
9.00	MITIGACIÓN DE EFECTOS DEL IMPACTO AMBIENTAL		
9.01	PLAN DE MANEJO SOCIOAMBIENTAL	GLB.	1.00

Fuente: Elaboración propia

TABLA 9. 2.Resumen del metrado para rehabilitación con Tratamiento Superficial Bicapa

RESUMEN DE METRADOS PARA REHABILITACIÓN CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA			
Item	Descripción	Und.	Total
1.00	OBRAS PROVISIONALES		
1.01	ALMACEN Y CASETA DE GUARDIANÍA	m2	162.00
1.02	CARTEL DE OBRA DE 3.60 X 2.40m.	Und.	1.00
1.03	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPOS	GLB.	1.00
2.00	OBRAS PRELIMINARES		
2.01	TRAZO Y REPLANTEO DE VIA	KM.	22.64
2.02	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO	m2	140337.00
2.03	FRESADO BASE E=15 CM	m2	140337.00
2.04	TRASLADO DE MATERIAL PROVENIENTE DE FRESADO	m3	21050.55
2.05	MATERIALES PARA SEÑALIZACION DE SEGURIDAD	GLB.	1.00
3.00	REHABILITACIÓN DE LA VÍA		
3.01	BASE GRANULAR		
3.01.01	TRAZO Y REPLANTEO PARA BASE	KM.	22.64
3.01.02	EXTRACCIÓN Y APILAMIENTO DE MATERIAL DE CANTERA PARA BASE	m3	5613.48
3.01.03	ZARANDEO DE MATERIAL DE BASE	m3	5613.48
3.01.04	CARGUÍO DE MATERIAL DE CANTERA PARA BASE	m3	5613.48
3.01.05	TRANSPORTE DE MATERIAL DE CANTERA PARA BASE	m3	5613.48
3.01.06	MEZCLADO DE MATERIAL SELECCIONADO CON HORMIGÓN	m3	28067.40
3.01.07	CARGUÍO DE MATERIAL MEZCLADO	m3	28067.40
3.01.08	TRANSPORTE DE MATERIAL MEZCLADO	m3	28067.40
3.01.09	CONFORMACIÓN DE BASE	m3	28067.40
3.01.10	RIEGO CON AGUA	m3	2385.73

3.02	CARPETA ASFÁLTICA		
3.02.01	TRAZO Y REPLANTEO PARA IMPRIMADO	KM.	22.64
3.02.02	EXTRACCION DE ARENA PARA IMPRIMADO	m3	1403.32
3.02.03	CARGUÍO DE ARENA PARA IMPRIMADO	m3	1403.32
3.02.04	TRANSPORTE DE ARENA PARA IMPRIMADO	m3	1403.32
3.02.05	IMPRIMACIÓN ASFALTICO CON RC-250	m2	190128.49
3.02.06	TRAZO Y REPLANTEO PARA PRIMERA CAPA ¾"	KM.	22.64
3.02.07	CARGUÍO DE PIEDRA CHANCADA DE ¾"	m3	4210.11
3.02.08	TRANSPORTE DE PIEDRA CHANCADA ¾"	m3	4210.11
3.02.09	TRATAMIENTO SUPERFICIAL PRIMERA CAPA DE ¾"	m2	14037.00
3.02.10	BARRIDO DE PLATAFORMA PRIMERA CAPA	m2	14037.00
3.02.11	CONTROL DE TRÁFICO Y EXUDACIÓN	KM.	22.64
3.02.12	TRAZO Y REPLANTEO PARA SEGUNDA CAPA 3/8"	KM.	22.64
3.02.13	CARGUIO DE PIEDRA CHANCADA DE 3/8"	m3	2806.74
3.02.14	TRANSPORTE DE PIEDRA CHANCADA 3/8"	m3	2806.74
3.02.15	TRATAMIENTO SUPERFICIAL SEGUNDA CAPA DE 3/8"		
3.02.16	BARRIDO DE PLATAFORMA SEGUNDA CAPA	m2	14037.00
3.02.17	CONTROL DE TRAFICO Y EXUDACIÓN	KM.	22.64
4.00	MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE BERMAS		
4.01	LIMPIEZA DE BERMAS	m2	40743.00
4.02	IMPRIMACIÓN DE BERMAS	m2	40743.00
4.03	ARENADO DE BERMAS	m2	40743.00
5.00	LIMPIEZA EN OBRAS DE ARTE Y DRENAJE		
5.01	DESCOLMATACIÓN Y LIMPIEZA EN CUENTAS	m	5580.00
5.02	LIMPIEZA EN ALCANTARILLAS	Und.	46.00
6.00	SEÑALIZACIÓN		
6.01	SEÑALIZACIÓN INFORMATIVA	Und.	5.00
6.02	SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA	Und.	4.00
6.03	SEÑALIZACIÓN REGLAMENTARIA	Und.	2.00
7.00	PINTURA EN PAVIMENTO		
7.01	PINTURA EN PAVIMENTO	m2	2260.00
8.00	FLETE TERRESTRE		
8.01	FLETE TERRESTRE	GLB.	1.00
9.00	MITIGACIÓN DE EFECTOS DEL IMPACTO AMBIENTAL		
9.01	PLAN DE MANEJO SOCIOAMBIENTAL	GLB.	1.00

Fuente: Elaboración propia

9.2.2 MANO DE OBRA

El costo de la mano de obra está determinado por categoría como capataz, operario, oficial y peón, para lo que se ha calculado la tabla de jornales de construcción civil vigente.

Para la ejecución de las partidas se ha considerado los precios vigentes del costo de la mano de obra en el territorio Nacional.

El costo de la mano de obra es la sumatoria de los siguientes rubros que están sujetos a las disposiciones legales vigentes.

- Jornal Básico comprende la remuneración básica vigente, basada en el acta final de negociación colectiva en construcción civil 2009 - 2010, expediente N° 45767- 2009-MTPE/2/12.210
- Bonificación unificada de construcción (BUC) creada por resolución Sub-Directoral N° 193-91-SD-NEC de 19.06.91, comprende las bonificaciones de Agua potable. Desgaste de herramientas y ropa, alimentación y de especialización (esta última solo para el operario). La R.D. N° 155-94 DPSC de 21.07.94 prescribe que el BUC es equivalente al 32% de la Remuneración Básica para el oficial y el peón.
- Leyes y beneficios sociales sobre la remuneración básica vigente.
- Leyes y beneficios sociales sobre la bonificación única de construcción.
- Bonificación por movilidad acumulada, acuerdo con el establecido en la resolución Directoral N° 777-87-DRLIM de 08/07/87.
- Pago por overol de acuerdo con lo establecido en la Resolución Directoral N° 777-87-DR-LIM de 08/07/87.

Las categorías de los trabajadores son:

Operario: Albañil, carpintero, herrero, almacenero, chofer, mecánico y demás trabajadores calificados en una especialidad, en esta misma

categoría se consideran a los maquinistas que desempeñen las funciones de operación de las mezcladoras y equipos menores.

Oficial o ayudante: Los trabajadores que desempeñen las mismas ocupaciones, pero que laboran como ayudantes del operario que tengan a su cargo la responsabilidad de la tarea y que no hubieran alcanzado plena calificación en la especialidad, en esta categoría también están comprendidos los guardianes.

Peón: Los trabajadores no calificados que son ocupados indistintamente en diversas tareas de las actividades de construcción.

Capataz: Son los trabajadores que dirigen las cuadrillas para los diferentes trabajos.

9.2.3 EQUIPO Y MAQUINARIA

El costo de alquiler horario de los equipos considera:

Costo de Posesión: Donde se incluyen las depreciaciones intereses, capital, obligaciones tributarias, seguros, etc.

Costos de Operación: Donde se incluyen los combustibles, lubricantes, filtros, neumáticos, mantenimiento, operador y elementos de desgaste.

Los rendimientos de los equipos están de acuerdo a la Tabla de Rendimiento de Equipos Mecánicos según RM N° 001-87-TC/VMT del MTC.

Los costos de alquiler horario del equipo mecánico, que se utilizaran corresponden al mercado nacional.

9.2.4 MATERIALES

El costo de los materiales es puesto en obra e incluirá los siguientes rubros:

- Precios de material en el centro de abastecedor
- Precio del material serán los costos en fábrica sin incluir el IGV.
- Costo del flete

Flete es el costo del transporte desde el centro abastecedor hasta el almacén de la obra y está compuesto por el flete desde el centro de abastecimiento hasta la ciudad Puno y el flete desde la ciudad de Puno hasta la obra su cálculo es de la siguiente forma.

Los fletes de Lima hasta la ciudad de Puno se han calculado de acuerdo a lo establecido en los decretos supremos N°s 010-2006-MTC del 25 de marzo del 2006 y 033-2006-MTC del 30 de setiembre del 2006 que norman la metodología para el cálculo de los costos de transportes por carretera para diversas rutas y distancias virtuales.

El flete desde la ciudad de Puno a la obra se ha calculado de acuerdo a lo establecido en el D.S. N° 049-2002-MTC del 19 de diciembre del 2002, vigente.

Costos adicionales: Son los costos de fletes, almacenamiento, merma y viáticos del personal, adicionales que se consideran por manipular y almacenar, se ha considerado el 2% por almacenaje y en algunos casos por mermas 5% y 40% de viáticos del costo del material.

El costo de los materiales se obtuvo mediante un promedio comparativo de los precios de los materiales obtenidos de cotizaciones de los materiales que presenta mayor incidencia en el presupuesto y revistas especializadas.

9.2.5 HERRAMIENTAS

Se refiere a cualquier utensilio que va a servir al personal en la ejecución de trabajos simples y/o complementarios a los que se hacen mediante la utilización de equipo pesado.

Como costo de herramientas se considerará un porcentaje del 3% del costo de la mano de obra.

9.3 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Los precios unitarios de cada una de las partidas consideradas en el presupuesto han sido calculados con costos vigentes con el programa S10.

Los rendimientos de los equipos y de la mano de obra fueron establecidos de acuerdo a la ubicación y consideraciones climáticas.

9.3.1 COSTOS DIRECTOS

El costo directo es la sumatoria de la mano de obra (incluyendo leyes sociales), equipos, herramientas y todos los materiales que se requieren para la ejecución de la obra.

De acuerdo a la magnitud de la obra los costos unitarios se calculan con la aplicación del programa de Costos S10, considerando las características de la obra.

Los costos unitarios se presentan por la siguiente fórmula matemática:

$$C.U. = Mo + Eq + Mat + Herr$$

Dónde:

C.U. = Mano de Obra

Eq = Equipo

Mat = Materiales

Herr = Herramientas

9.3.2 COSTOS INDIRECTOS

Los costos indirectos considerados son:

Gastos fijos, integrados por:

- Instalaciones: Campamentos, patios de máquinas y oficinas.
- Equipamiento: Campamento, patio de máquinas y oficinas.
- Gastos administrativos: Gastos de licitación y elaboración de propuesta, gastos legales, cartel de obra y gastos varios.
- Liquidación de obra: Honorarios profesionales del personal técnico administrativo (ingenieros y contador), leyes sociales, fotocopias, comunicaciones, gastos varios y útiles de oficina.
- Impuestos: Contribución al SENCICO

Gastos variables, integrados por:

- Personal de obra: Conformado por el personal profesional de ingenieros, administrativos y equipos
- Alimentación y viáticos: Del personal profesional y técnico
- Equipos no incluidos en los costos directos: Equipos de laboratorio de suelos y concretos, topografía, informática, equipos menores y herramientas.
- Vehículos: Camionetas doble cabina.

- Movilización y desmovilización del personal: Transporte aéreo y terrestre.
- Costos de transporte y manipulación de explosivos: Transporte, escolta, almacenamiento, vigilancia, manejo y control.
- Costos ambientales: Programas de educación ambiental, seguimiento, monitoreo, control de contingencias, cierre o abandono, acondicionamiento de patio de máquinas, zarandeo y trituración.
- Servicios varios: Consiste en gastos de permisos, licencias, comunicaciones y fotocopias.
- Materiales y gastos varios: Útiles de oficina, topografía, laboratorio, higiene personal y otros.
- Gastos financieros: Cartas fianzas de fiel cumplimiento, adelantos directos y materiales; gastos bancarios.
- Seguros: Seguro complementario de accidentes de riesgo, vida ley, contra todo riesgo y costos por emisión de póliza

9.3.3 CANTIDADES DE MANO DE OBRA, MATERIALES Y EQUIPO

Mediante el programa S10 se ha obtenido las cantidades de recursos requeridos de mano de obra, materiales y equipos consolidados.

9.4 PRESUPUESTO

El presupuesto total tiene un costo de inversión de S/. 6'584,451.50 para el caso de Rehabilitación con Tratamiento Superficial Bicapa y S/. 9'462,208.07 para el caso de Rehabilitación con Asfalto en Caliente, con el siguiente detalle:

TABLA 9. 3. Resumen del presupuesto para rehabilitación con Asfalto en caliente.

DESCRIPCION	MONTO
COSTO DIRECTO	6'851,350.31
GASTOS GENERALES (7.04%)	482,335.06
UTILIDAD (10%)	685,135.03
SUB TOTAL	8'018,820.40
I.G.V. (18%)	1'443,387.67
TOTAL S/.	9'462,208.07

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 9.4.a) PRESUPUESTO DE REHABILITACIÓN CON ASFALTO EN CALIENTE.

TABLA 9. 4 . Resumen del presupuesto para rehabilitación con Tratamiento Superficial.

DESCRIPCION	MONTO
COSTO DIRECTO	4'767,638.11
GASTOS GENERALES (7.04%)	335,641.72
UTILIDAD (10%)	476,763.81
SUB TOTAL	5'580,043.64
I.G.V. (18%)	1'004,407.86
TOTAL S/.	6'584,451.50

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 9.4.b) PRESUPUESTO DE REHABILITACIÓN CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA.

9.5 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA

Se ha programado la ejecución de la obra habiéndose empleado el programa utilitario MS Project; cuyo resultado es la programación de actividades GANTT y PERT PCM, complementariamente se ha realizado el cronograma valorizado de ejecución de obra.

ANEXO 9.5.a) PROGRAMACION DE REHABILITACIÓN CON ASFALTO EN CALIENTE.

ANEXO 9.5.b) PROGRAMACION DE REHABILITACIÓN CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA.

9.6 METAS

Las metas que se pretende alcanzar son:

- Obras preliminares, consistente en dos carteles de obra, un campamento provisional y la movilización y desmovilización de maquinaria.
- Trabajos preliminares, se ha de considerar los trabajos de trazo y replanteo antes y durante la construcción para tales fines se dispondrá del personal y el equipo necesario.
- Superficie de rodadura; que consiste en extracción y apilamiento de material seleccionado en canteras, zarandeo y carguío en cantera, extendido riego y compactación, transporte para afirmado.
- Pavimento, corresponde al tratamiento superficial Bi-Capa tal ó Asfalto en Caliente.
- Transporte, en esta partida que es de mucho importancia se ha considerado el transporte de material de las canteras y fuentes a al lugar de la obra, considerándose las distancias medias y velocidades de carga y descarga para que estos trabajos fuesen óptimos.
- Obras de arte; se ha de realizar la limpieza de obras de arte.
- Conservación del medio ambiente; que consiste en la conformación de depósitos de material excedente, adecuación de canteras y tres talleres de educación ambiental.
- Señalización, que consiste en el suministro y colocación de 4 señales preventivas, 5 señales informativas y 2 señales reglamentaria.
- Flete terrestre; esta partida se ha considerado por distancia y el tipo de material para tales fines el cálculo de esta se presenta en la memoria de costos.

9.7 COMPARACIÓN ENTRE TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA Y ASFALTO EN CALIENTE

A continuación se muestra una comparación entre el presupuesto de Rehabilitación con Tratamiento Superficial Bicapa y Asfalto en caliente.

TABLA 9. 5. Presupuesto: Carpeta Asfáltica

CARPETA ASFALTICA		
		S/.
Asfalto en Caliente		5,058,035.03
Tratamiento Superficial		S/.
Bicapa		2,974,321.75
Costo sin IGV incluido.		

Fuente: Elaboración propia

TABLA 9. 6. Presupuesto: Carpeta Asfáltica x m2

CARPETA ASFALTICA x m2		
Asfalto en Caliente		S/. 36.04
Tratamiento Superficial Bicapa		S/. 21.19

Fuente: Elaboración propia

La rehabilitación con Tratamiento Superficial Bicapa es 25.94% (S/. 14.85 nuevos soles), más económico que el Asfalto en caliente; por metro cuadrado. El metrado total del área de la carpeta asfáltica es de 140 337m²; con el Tratamiento Superficial Bicapa se crea un ahorro de S/. 2,083,713.28 (nuevos soles) con relación al Asfalto en Caliente, en el momento de la ejecución.

TABLA 9. 7. Presupuesto Total: Rehabilitación de la carretera Chacachaca-Yunguyo-Kasani

PRESUPUESTO TOTAL		
		S/.
Asfalto en Caliente		9,462,208.07
Tratamiento Superficial		S/.
Bicapa		6,548,451.50

Fuente: Elaboración propia

TABLA 9. 8. Presupuesto Total: Rehabilitación de la carretera Chacachaca – Yunguyo - Kasani x Km.

PRESUPUESTO x Km	
Asfalto en Caliente	S/. 418,034.37
Tratamiento Superficial Bicapa	S/. 290,896.91
Longitud Total de la Carretera 22+635 Km.	

Fuente: Elaboración propia

La rehabilitación con Tratamiento Superficial Bicapa es 17.94% (S/. 127,137.46 nuevos soles), más económico que el Asfalto en caliente; por kilómetro considerando la totalidad de las partidas.

TABLA 9. 9. Presupuesto de Partidas Principales

PARTIDAS PRINCIPALES	Tratamiento Superficial Bicapa	Asfalto en Caliente
Obras Provisionales.	S/. 25,112.57	S/. 25,111.49
Obras Preliminares.	S/. 424,346.53	S/. 424,346.53
Rehabilitación de la vía.	S/. 4,038,920.00	S/. 6,122,633.28
Mejoramiento y Rehabilitación de bermas.	S/. 218,382.48	S/. 218,382.48
Limpieza en obras de arte y drenaje.	S/. 9,105.56	S/. 9,105.56
Señalización.	S/. 23,177.37	S/. 23,177.37
Flete Terrestre.	S/. 1,918.60	S/. 1,918.60
Mitigación de efectos del Impacto Ambiental.	S/. 26,675.00	S/. 26,675.00

Fuente: Elaboración propia

El mantenimiento se deber a partir de los dos años si se trata de un Tratamiento Superficial Bicapa y a partir de los cinco o seis años de servicio si se trata de una Carpeta en Asfalto Caliente; para el primer caso hablando de resellados se puede estimar un porcentaje de inversión comprendido entre el 20 y el 30% del costo inicial, mientras que en el segundo caso se estaría alrededor del 0.5% del costo inicial. (VIVAR, 1995).

En 10 años un Tratamiento Superficial Bicapa necesitará de cinco mantenimientos y un Asfalto en Caliente necesitará de dos mantenimientos, los costos de mantenimiento serán como se indica en la Tabla 9.10:

TABLA 9. 10. Costo de mantenimiento

Costo de Mantenimiento	
Tratamiento Superficial Bicapa	
(30 % del costo inicial)	
2 años	S/. 892,296.53
10 años	S/. 4,461,482.63
Asfalto en Caliente	
(0.5 % del costo inicial)	
5años	S/. 25,290.17
10 años	S/. 50,580.35
Tratamiento Superficial Bicapa vs. Asfalto en Caliente	
10 años	S/. 4,410,902.28
Nota: En 10 años el mantenimiento de un pavimento con Tratamiento Superficial Bicapa es S/. 4,410,920.28 (nuevos soles) más costoso que un pavimento con Asfalto en Caliente	

Fuente: Elaboración propia

Con la programación realizada se observa que la rehabilitación con Tratamiento Superficial Bicapa tiene una duración mayor que la rehabilitación con Asfalto en Caliente.

TABLA 9. 11. Duración de la Obra

DURACIÓN DE LA OBRA	
Asfalto en Caliente	244 días.
Tratamiento Superficial Bicapa	257 días.

Fuente: Elaboración propia

Por un lado el Tratamiento Superficial Bicapa es una solución de bajo costo y de buen funcionamiento para cualquier clima, además de ser un revestimiento impermeable; su desventaja es que presenta niveles de deformación altos debido a que no otorga aporte estructural al pavimento ya que su espesor es tradicional, por lo cual su desgaste es más pronto que un Asfalto en Caliente, éste último es beneficioso por su rápida apertura al tránsito y la utilización de diferentes espesores de acuerdo a los requerimientos, por lo cual no se desgasta con facilidad ante la presencia de diferentes cargas de tránsito.

En el momento de la ejecución una Rehabilitación con Asfalto en Caliente requiere de mayor inversión que un Tratamiento Superficial Bicapa, a largo plazo estos papeles son invertidos resultando la segunda opción más costosa que la primera.

CAPÍTULO X

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Para la determinación de los espesores se ha empleado como base el Manual para Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de tránsito (elaborada por el MTC 2008) y la guía de diseño AASHTO versión 1993, para el diseño de Pavimentos Flexibles.
2. A fin de obtener buenos resultados para el diseño estructural de pavimentos, las zonas de mejoramiento de base deben de mantenerse con adecuado control técnico.
3. Se adoptan los valores de CBR para roca, con pleno conocimiento que no existe dicho ensayo para rocas (por lo menos en la zona), sin embargo en consulta con expertos en el tema de ensayos para carreteras, se puede adoptar cuantitativamente un valor de CBR de diseño para los materiales presentes en las canteras, lo cual en campo reflejaran valores semejantes a una cantera de piedra chancada.
4. Los pavimentos realizados en zonas altas son afectados por una serie de factores climatológicos, como temperaturas bajas, gradiente térmico, radiación solar intensa, y, por los efectos de flujos de agua superficial y subterránea, que determinan su deterioro prematuro y acelerado; debido a que las temperaturas bajas afectan las propiedades reológicas del asfalto y en consecuencia las propiedades físicas de las mezclas, originando el fisuramiento de las capas asfálticas, por contracción térmica o por el incremento de la rigidez con la acción combinada del tráfico pesado.
5. El gradiente térmico genera diariamente cambios volumétricos en el interior de la capa asfáltica, los que a su vez producen esfuerzos cíclicos de tracción y compresión, que provocan finalmente su falla por fatiga.
6. El agua superficial también contribuye a la oxidación del asfalto, al ingresar por los vacíos de la capa de rodadura. Sin embargo, el mayor

efecto destructivo se manifiesta en forma combinada con las cargas de tráfico, ya que el agua alojada en las fisuras del pavimento, por efecto de la presión de los neumáticos, genera una presión de poros que gradualmente destruye el pavimento asfáltico.

7. Se necesitan también los estudios climáticos que determinen las variaciones, frecuencias y duración de las temperaturas a las que se ven expuestos los pavimentos de las carreteras, con objetivo de poder tomar en consideración este factor con más precisión en la formulación de las mezclas.
8. La duración de este y cualquier otro diseño de pavimento así como el agregado de confort que se requiere del mismo, está condicionado a la implementación de un buen sistema de drenaje, de forma tal, que permita controlar debidamente las aguas superficiales de escorrentía.
9. La utilización de agregados sucios, cubiertos de abundante polvo, es decir más del 3%, tiende a reducir la adhesividad del bitumen al agregado, situación que conlleva a la pérdida del agregado. El mejor agregado para emplear en tratamientos que registra el mismo tamaño y forma cúbica.
10. No sólo las boquillas del asfalto en las barras rociadoras del distribuidor necesitan estar en buenas condiciones de trabajo, sino que todo el equipo debe estar adecuadamente calibrado y en buenas condiciones de trabajo.
11. Es de vital importancia, programar y ejecutar las labores rutinarias y periódicas de conservación.
12. Cabe indicar que su ejecución en forma eficiente permite la obtención de un tratamiento económico de construcción simple y duradera.
13. Las emulsiones asfálticas no contaminan el medio ambiente, ya que no emiten gases tóxicos hacia la atmósfera. Los asfaltos diluidos, contienen solventes de petróleo en su composición, que son emitidos hacia la atmósfera cuando se produce el mezclado y curado de la mezcla.
14. Para carreteras que presenten las mismas condiciones de subrasante, diseñar con un Tratamiento Superficial Bicapa resulta un pavimento más económico que una carpeta asfáltica en caliente. La diferencia es que la superficie de rodadura en el Tratamiento Superficial Bicapa presenta

- niveles de deformación superiores, pero que definitivamente es de menor calidad que la carpeta asfáltica en caliente.
15. El Tratamiento Superficial Bicapa no tiene aporte estructural, por lo que no se le considera como un elemento individual sino como parte de una estructura y es posible asignar el trabajo solamente a los materiales granulares y disponer que el Tratamiento Superficial Bicapa trabaje exclusivamente como protección. En el caso de colocar una carpeta asfáltica en reemplazo del Tratamiento Superficial Bicapa, los espesores de las capas granulares serán menores (si nos referimos a la misma estructura).
 16. Es muy diferente la gestión cuando se planifica una rehabilitación para varios años, en los cuales se prepara al pavimento para soportar al tráfico 5 a 10 años en los cuales no se verá ninguna otra intervención, y otra es la de llevar un programa de mantenimientos con periodos reducidos y un monitoreo continuo, en el cual se va renovando la superficie para devolverle las propiedades que son necesarias.
 17. Se puede mencionar como referencia que un pavimento flexible requiere de mantenimiento a partir de los dos años si se trata de un Tratamiento Superficial Bicapa y a partir de los cinco o seis años de servicio si se trata de una Carpeta en Asfalto Caliente; para el primer caso hablando de resellados se puede estimar un porcentaje de inversión comprendido entre el 20 y el 30% del costo inicial, mientras que en el segundo caso se estaría alrededor del 0.5% del costo inicial. (VIVAR, 1995).
 18. El costo de mantenimiento de un Tratamiento Superficial Bicapa es mucho más costoso que un Asfalto en Caliente; lo cual no resulta económico a largo plazo.
 19. En la rehabilitación se consideran los trabajos que tienen como objetivo poner la carretera en condiciones de poder ser conservada con mantenimiento rutinario. La rehabilitación viene a ser entonces un mantenimiento correctivo. Según el MTC son trabajos de rehabilitación: el sello, el lastrado, la reparación por erosión y la reconstrucción de puentes, alcantarillas cunetas y colectores.

20. El éxito del pavimento implica considerar el comportamiento funcional así como estructural. Los pavimentos sujetos a diferentes niveles de tráfico tendrán sin duda comportamientos y costos de mantenimiento distintos. La relación de costo de mantenimiento versus desempeño varía de acuerdo al tipo de pavimento. Indudablemente, el desempeño del pavimento y los costos de mantenimiento son factores claves para identificar a un pavimento exitoso.
21. Mientras que el éxito de cada pavimento parece que se debe a factores distintos, en general, el comportamiento superior puede atribuirse al resultado combinado de la buena práctica en la construcción, materiales de alta calidad, cálculos conservadores en la etapa de diseño, menor tráfico al esperado, y a un mantenimiento periódico.
22. Los pavimentos están diseñados y construidos para soportar un número específico de cargas de tráfico. Pero si el pavimento no está construido de acuerdo a las especificaciones podría fallar prematuramente.
23. Una sección de pavimento en muy buena condición con un índice de condición alto, índice de falla alto, y grado de confort de manejo alto podría no calificar como óptimo si los costos de mantenimiento durante su vida de servicio están por encima del costo de mantenimiento promedio en el área. Es posible que los índices altos sean el resultado de trabajos de mantenimiento requeridos durante su vida de servicio. Por esta razón, los costos de mantenimiento son considerados un factor crucial en el criterio a utilizar para identificar secciones de pavimento como óptimo.

BIBLIOGRAFÍA

- NORMAS DE DISEÑO DE CARRETERAS PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO.
- NORMAS DE SUELOS Y CIMENTACIONES E-050.2005.
- CRESPO VILLALAZ, CARLOS. (2011) Vías De Comunicación, Editorial Limusa, Cuarta Edición, México.
- MENÉNDEZ ACURIO, JOSÉ RAFAEL (2009). Ingeniería De Pavimentos, , Primera Edición, Perú.
- JUÁREZ BADILLO, RODRÍGUEZ RICO RODRIGUEZ.(2005) Mecánica de Suelos, Tomo I, Fundamentos de la Mecánica de Suelos, Tercera edición , México.
- INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y GERENCIA (2011). Carreteras, Editorial Fondo Icg, Quinta Edición, Perú.
- INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y GERENCIA (2009). Pavimentos, Editorial Fondo Icg, Tercera Edición, Perú.
- INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y GERENCIA (2009).Ingeniería De Pavimentos, Editorial Fondo Icg, Primera Edición, Perú.
- CORONADO ITURBIDE, JORGE. (2002) Manual Centroamericano Para Diseño De Pavimentos, Secretaria De Integración Económica Centroamericana, Guatemala.
- MTC, (2001), Manual De Diseño Geométrico Para Carreteras DG-2001, Perú.
- DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES, (2000), Manual De Especificaciones Técnicas Generales Para La Construcción De Carreteras Eg 2000, Perú.
- VALLE RODAS, RAÚL (1976), Carreteras. Calles Y Aeropistas, Editorial El Ateneo, Sexta Edición, Argentina.
- KRAEMER CARLOS, PARDILLO JOSÉ MARÍA, ROCCI SANDRO, G. ROMANA MANUEL, SÁNCHEZ BLANCO VÍCTOR, ÁNGEL DEL VAL.

MIGUEL. (2004) Ingeniería De Carreteras, Volumen Ii, Editorial Mc Graw-Hill Latinoamérica, España.

- BOWLES JOSEPH E. (1981).Manual De Laboratorio De Suelos En Ingeniería Civil, Editorial Mc Graw-Hill Latinoamérica, Colombia.
- CÉSPEDES ABANTO, JOSÉ. (2001)Carreteras Diseño Moderno, Primera Edición, Perú.
- CARDENAS CRISALES, JAMES. (2002). Diseño Geométrico De Carreteras, Editorial Lito Perla, Primera Edición Colombia.
- VIVAR ROMERO, GERMAN (1995). Diseño Y Construcción De Pavimentos, Segunda Edición, Perú.
- BOWLES, JOSEPH E. (1982).Propiedades Geofísicas De Los Suelos, Editorial Mc Graw-Hill Latinoamérica, Colombia.
- AGUILAR CALLA, JESUS CESAR (2005). Tesis Mejoramiento De La Carretera: Vinzos- Chuquicara A Nivel De Tratamiento Superficial Bicapa. UNI, Lima Perú
- MANUEL DE CAMINOS PAVIMENTADOS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO,MTC.
- MICROSOFT. MÓDULO DE PRESUPUESTOS, S10;

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO 4.1.1) PLANO 1. PLANO DE UBICACIÓN

ANEXO 4.1.3) ANALISIS DE FALLAS

ANEXO 4.1.7.a) PLANOS SECCIONES DE PLANTA

ANEXO 4.1.7.b) PLANOS PLANTA Y PERFIL

ANEXO 4.1.7.c) PLANOS UBICACIÓN OBRAS DE ARTE

ANEXO 4.1.11.a) CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LA VIA

ANEXO 4.1.11.b) PLANO DE SECCION TIPO

ANEXO 4.2.5.a) CONTEO VEHICULAR

ANEXO 4.2.5.b) PROYECCIONES DE TRAFICO

ANEXO 5.2.2.a) ENSAYOS BASE

ANEXO 5.2.2.b) ENSAYOS SUB BASE

ANEXO 5.2.2.c) ENSAYOS TERRENO DE FUNDACION

ANEXO 5.2.2.d) PERFIL ESTRATIGRAFICO

ANEXO 5.2.2.e) CLASIFICACION ESTRATIGRAFICA

ANEXO 5.3.3.a) ENSAYOS CANTERA

ANEXO 5.3.3.b) PLANO CANTERA Y FUENTES DE AGUA, CAMPAMENTO

ANEXO 7.1.2) ENSAYOS MATERIAL COMBINADO PARA BASE

ANEXO 7.1.6) ENSAYO MARSHALL

ANEXO 8.4.1) AREA DE INFLUENCIA DIRECTA

ANEXO 9.2.1) METRADOS

ANEXO 9.4.a) PRESUPUESTO DE REHABILITACIÓN CON ASFALTO EN CALIENTE.

ANEXO 9.4.b) PRESUPUESTO DE REHABILITACIÓN CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA.

ANEXO 9.5.a) PROGRAMACION DE REHABILITACIÓN CON ASFALTO EN CALIENTE.

ANEXO 9.5.b) PROGRAMACION DE REHABILITACIÓN CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA.

ANEXO FOTOGRAFICO

ANEXO FOTOGRAFÍAS SATELITALES

