



REPÚBLICA DEL PERÚ

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**“ESTUDIO DEFINITIVO DE LA CARRETERA SAN RUMUALDO,
TRAMO CENTRO DE ESPARCIMIENTO DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO – COMPLEJO ARQUEOLÓGICO
CHOTUNA – COMPLEJO ARQUEOLÓGICO CHORNANCAP”**

TOMO I

JORGE ENRIQUE GUERRERO OBANDO

ASESOR: Ing. Nelson Enrique Huangal Castañeda.

MIEMBROS DE JURADO

PRESIDENTE: Ing. Sergio Bravo Idrogo.

MIEMBRO: Ing. Miguel Rolando Bocanegra Jácome.

MIEMBRO: Ing. Wesley Amado Salazar Bravo.

LAMBAYEQUE, MARZO 2016

A mi padre.

INDICE

INTRODUCCIÓN	11
CAPITULO I: GENERALIDADES	
1.1. PRESENTACIÓN	13
1.2. ANTECEDENTES	13
1.3. PROBLEMA	13
1.4. HIPÓTESIS	13
1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	13
1.6. OBJETIVOS DEL PROYECTO	14
1.6.1. OBJETIVO GENERAL	
1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	
CAPITULO II: ESTUDIOS DE PLANEACIÓN	
2.1. ESTUDIO GEOGRÁFICO - FÍSICO	16
2.1.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA	
2.1.2. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD	
2.1.3. RELIEVE DE LA ZONA	
2.1.4. METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA	
2.2. ESTUDIOS ECONÓMICOS	19
2.2.1. ANALISIS SOCIO ECONÓMICO	
A) ACTIVIDADES PRODUCTIVAS	
B) ACTIVIDAD TURÍSTICA	
B.1. COMPLEJO ARQUEOLÓGICO CHOTUNA	
B.2. COMPLEJO ARQUEOLÓGICO CHORNANCAP	
2.2.2. INFRAESTRUCTURA DE SERVICIO.....	24
A) EDUCACIÓN	
B) SALUD	
C) COMUNICACIÓN	
D) AGUA Y DESAGUE	
2.2.3. POBLACION BENEFICIADAS.....	25
2.2.3.1. POBLACION RESIDENTE EN LA ZONA DE ESTUDIO	

2.2.3.2. POBLACION TURISTA A COMPLEJOS ARQUEOLÓGICOS

2.2.3.3. POBLACION TOTAL BEBEFICIADA

CAPITULO III: CONSIDERACIONES TÉCNICAS

3.1. ESTUDIO DE TRÁFICO.....	28
3.1.1. ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)	
3.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	29
3.2.1. PROCEDIMIENTOS GEODÉSICOS PARA REFERENCIACIÓN	
3.2.2. SISTEMAS GEODÉSICOS	
3.3. DISEÑO GEOMÉTRICO.....	30
3.3.1. CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS	
A) POR SU DEMANDA	
• AUTOPISTAS DE PRIMERA CLASE	
• AUTOPISTAS DE SEGUNDA CLASE	
• CERRETERAS DE PRIMERA CLASE	
• CERRETERAS DE SEGUNDA CLASE	
• CERRETERAS DE TERCERA CLASE	
• TROCHAS CARROZABLES	
B) POR SU OROGRAFÍA	
• TERRENO PLANO (TIPO 1)	
• TERRENO ONDULADO (TIPO 2)	
• TERRENO ACCIDENTADO (TIPO 3)	
• TERRENO ESCARPADO (TIPO 4)	
3.3.2. RADIOS MINIMOS	
3.3.3. CURVAS HORIZONTALES	
3.3.4. PERALTE DE LA CARRETERA	
3.3.5. PENDIENTE	
A) PENDIENTE MÍNIMA	
B) PENDIENTE MÁXIMA	
3.3.6. ANCHO DE CALZADA EN TANGENTE	
3.3.7. BOBEO	
3.4. ESTUDIO DE SUELOS.....	38
3.4.1. PRECENCIA DE AGUA EN EL SUELO	

A) SUELOS SECOS:	
B) SUELOS SATURADOS:	
C) SUELOS SEMI-SATURADOS:	
3.4.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS	
3.4.2.1. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN A.A.S.H.T.O.	
A) INDICE DE GRUPO (IC)	
3.4.2.2. SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELO S.U.C.S.	
A) SUELOS GRUESOS	
A.1. GRUPOS GW Y SW	
A.2. GRUPOS GS Y SP	
A.3. GRUPOS GM Y SM	
A.4. GRUPOS GC Y SC	
B) SUELOS FINOS	
B.1. GRUPOS CL Y CH	
B.2. GRUPOS ML Y MH	
B.3. GRUPOS OL Y OH	
B.4. GRUPOS PT	
3.5. ESTUDIO CANTERAS.....	51
3.5.1. LOCALIZACIÓN DE CANTERAS EN LA ZONA	
3.6. ESTUDIO HIDRAULICO.....	52
3.6.1. DRENAJE SUPERFICIAL	
A) CAUDAL DE ESCORRENDTÍA	
A.1. MÉTODO RACIONAL	
A.2. MÉTODO RACIONAL ARMCO	
3.6.2. DRENAJE SUBTERRÁNEO	
A) EFECTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA	
B) MÉTODOS PARA DRENAJE SUBTERRÁNEO	
B.1) MÉTODOS PARA DRENAJE SUBTERRÁNEO POR ZANJAS ABIERTAS	
B.2) MÉTODOS PARA DRENAJE SUBTERRÁNEO DRENES CIEGOS	

3.7. ESTUDIO DE PAVIMENTO.....	57
3.7.1. CLASIFICACIÓN DEL PAVIMENTO	
3.7.1.1. PAVIMENTO FLEXIBLE	
A) CLASIFICACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	
A.1. CARPETA ASFÁLTICA EN FRIO	
A.2. CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE	
A.3. CARPETA CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL	
B) FUNCIONES Y CARACTERISTICAS DE LAS CAPAS DE PAVIMENTO	
B.1. CARPETA DE RODADURA	
B.2. BASE	
B.3. SUB BASE	
B.4. SUB RASANTE	
C) MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE ESPESOR	
C.1. ÍNDICE DE TRÁFICO	
C.1.1. RECOMENDACIÓN DE ESPESORES	
C.2. INSTITUTO NORTEAMERICANO DEL ASFALTO.	
C.3. MÉTODO AASHTO (VERSIÓN 1993)	
C.3.1. CARGA POR EJE SIMPLE EQUIVALENTE (W18)	
C.3.2. MÓDULO RESILIENTE (MR)	
C.3.3. CONFIABILIDAD (R)	
C.3.4. DESVIACIÓN ESTANDAR TOTAL (SO)	
C.3.5. ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO	
C.3.6. COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LA CAPA “A”	
C.3.7. COEFICIENTE DE DRENAJE (M_i)	
D) CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL PAVIMENTO	
3.8. SEÑALIZACIÓN.....	72
3.9. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	91
3.10. ESTUDIO ECONOMICO FINANCIERO.....	92

CAPITULO IV: PROYECTO

4.1. ESTUDIO DE TRÁFICO.....	94
4.1.1. METODOLOGÍA	
4.1.2. PERIODO DE ESTUDIO DE CAMPO	
4.1.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	
4.1.4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS	
A) RESULTADOS DIRECTOS DEL CONTEO VEHICULAR	
B) FACTOR DE CORRECCIÓN ESTACIONAL	
C) VARIACIÓN HORARIA Y DIARIA	
C.1) VARIACIÓN HORARIA	
C.2) VARIACIÓN DIARIA	
D) DEMANDA PROYECTADA	
4.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	102
4.2.1. RECONOCIMIENTO DE CAMPO	
4.2.2. INSTRUMENTOS Y PERSONAL UTILIZADOS	
4.2.3. PROCEDIMIENTO	
4.2.4. RESULTADOS	
4.3. DISEÑO GEOMÉTRICO	104
4.4. ESTUDIO DE SUELOS.....	107
4.4.1. ANÁLISIS DE MUESTRAS	
4.4.2. MÉTODO DE EVALUACIÓN	
A. ENSAYO DE IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS	
B. ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	
4.4.3. DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO	
4.4.3.1. CONTENIDO DE HUMEDAD	
A) EQUIPO	
B) PROCEDIMIENTO	
C) RESULTADOS	
4.4.3.2. LIMITES DE CONSISTENCIA O LIMITES DE ATTERBERG	
A) EQUIPO	
A.1. LIMITE LÍQUIDO	
A.2. LIMITE PLÁSTICO	
A.3. LIMITE DE CONTACCIÓN	
B) PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE:	

B.1. LÍMITE LIQUIDO (LL) - AASHTO T89-68, ASTM 423-66.	
B.2. LÍMITE PLÁSTICO (LP) - AASHTO T90-70, ASTM D424-59.	
B.3. LÍMITE DE CONTRACCION (LC) - ASTM D427	
C) RESULTADOS	
4.4.3.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	
A) EQUIPO	
B) PROCEDIMIENTO	
C) RESULTADOS	
4.4.3.4. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE SAL	
A) EQUIPO	
B) PROCEDIMIENTO	
C) RESULTADOS	
4.4.3.5. ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PRÓCTOR MODIFICADO)	
A) EQUIPO	
B) PROCEDIMIENTO	
C) RESULTADOS	
4.4.3.6. DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)	
A) EQUIPO	
B) PROCEDIMIENTO	
C) RESULTADOS	
4.5. ESTUDIO DE CANTERAS.....	130
4.5.1. LOCALIZACIÓN DE CANTERAS	
4.6. ESTUDIO HIDRAULICO.....	134
4.6.1. ESTUDIO DE OBRAS DE ARTE	
4.7. DISEÑO DEL PAVIMENTO.....	148
4.7.1 CALCULO DEL ESPESOR DEL PAVIMENTO	
4.7.1.1. MÉTODO DEL INDICE DE TRÁFICO (IT)	
A) CÁLCULO DE “N”	
B) CÁLCULO DE “C”	
C) CÁLCULO DE “E”	
D) CÁLCULO DE “P”	
E) CÁLCULO DE “IT”	

4.7.1.2. MÉTODO DEL INSTITUTO NORTEAMERICANO DEL ASFALTO

A) INDICE MEDIO ANUAL PROYECTADO (IMD)

B) DETERMINACIÓN DEL VALOR DEL EAL

B.1. CÁLCULO DE TRÁFICO POR CALZADA

B.2. CÁLCULO DEL NÚMERO PROMEDIO DE CADA TIPO DE VEHICULO ESPERADO EN EL PRIMER AÑO DE SERVICIO

B.3. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CRECIMIENTO

B.4. CÁLCULO DEL EAL DE DISEÑO

C) SELECCIÓN DEL MÓDULO DE RESILENCIA DE DISEÑO DE SUBRAZANTE

C.1. CÁLCULO DEL PERCENTIL DE DISEÑO

D) CÁLCULO DEL ESPESOR SEGÚN EL INSTITUTO NORTEAMERICANO DEL ASFALTO

D.1. ALTERNATIVAS PARA ESPESORES DE ASFALTO USANDO CARTAS DE DISEÑO

D.1.1. ALTERNATIVA 01

D.1.2. ALTERNATIVA 02

D.1.3. ALTERNATIVA 03

D.2. ALTERNATIVAS PARA ESPESORES DE ASFALTO APLICANDO LOS COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA

D.2.1. ALTERNATIVA 01

D.2.2. ALTERNATIVA 02

D.1.3. ALTERNATIVA 03

4.7.1.3. MÉTODO AASHTO (VERSIÓN 1993)

A) DETERMINACIÓN DEL NÚMERO ESTRUCTURAL (SN)

A.1. TRÁNSITO FUTURO ESTIMADO (W18)

A.2. CONFIABILIDAD (R)

A.3. DESVIACIÓN ESTANDAR (SO)

A.4. MODULO RESILENTE EFECTIVO DEL MATERIAL DE FUNDACIÓN

A.5. PERDIDA DE SERVICIABILIDAD DE DISEÑO (Δ PSI)

A.6. OBTENCIÓN DEL NÚMERO ESTRUCTURAL (SN)

A.7. SELECCIÓN DE LOS ESPESORES DE CAPA

A.7.1. CALCULO DE A (1, 2, 3)

A.7.2. CALCULO DE M (1, 2, 3)

A.7.3. CALCULO DE ESPESORES MINIMOS	
A.7.4. CALCULO DE ESPESORES	
A) ASFALTO	
B) BASE	
C) SUB - BASE	
A.7.5. ANÁLISIS POR CAPA	
A) ASFALTO	
B) BASE	
C) SUB BASE	
4.7.2. DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA	
4.7.2.1. AGREGADO	
4.7.2.2. VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES PARA LA MEZCLA	
4.7.2.3. CÁLCULO DEL % DE ASFALTO EN LA MEZCLA	
4.7.2.4. CÁLCULO DEL VOLUMEN ABSOLUTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA	
A) VOLUMEN ABSOLUTO PARA 100 KG DE MEZCLA	
B) VOLUMEN ABSOLUTO DE LA MEZCLA = 0.0419 M3	
4.7.2.5. CÁLCULO EN PESO DE CADA COMPONENTE EN M2 DE MEZCLA ASFÁLTICA	
4.7.2.6. MATERIALES EN VOLUMEN POR M2 DE CARPETA ASFÁLTICA	
4.7.2.7. ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CARPETA ASFÁLTICA	
A) AGREGADO GRUESO	
B) AGREGADO FINO	
C) ASFALTO LIQUIDO MC – 30	
C.1. PRUEBAS DE MATERIAL ASFÁLTICO	
C.2. PRUEBAS AL RESIDUO A LA DESTILACIÓN	
4.8. SEÑALIZACIÓN.....	184
4.9. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	184
4.10. ESTUDIO ECONOMICO FINANCIERO.....	185
4.11. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	187
4.12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
BIBLIOGRAFIA.....	208
ANEXOS.....	209

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el transporte terrestre es de fundamental importancia para el desarrollo socio económico de las diferentes poblaciones existentes, ya sea en zonas urbanas o rurales; el desarrollo de los proyectos viales, nos da a entender, que la comunicación entre ambos medios, es de vital importancia para estar integrados al desarrollo e incrementar la calidad de vida de los pobladores.

Por tal motivo, en la tesis que a continuación presento, desarrollo un estudio definitivo de un tramo de carretera uniendo dos zonas anexas a la Ciudad de Lambayeque, y que ayudará al transporte de insumos animales y vegetales, así como la pronta llegada a la ciudad para las diferentes actividades y necesidades de la población.

Además de eso, el presente proyecto se enmarca en una política ambiental, comprometida en la conservación de los recursos naturales y el compromiso social, debido a que el área de influencia del proyecto, es considerado como un área de alta biodiversidad por sus características climáticas, edafológicas y geográficas.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. PRESENTACIÓN

El “Estudio Definitivo De La Carretera San Romualdo, Tramo Centro De Esparcimiento De La Universidad Nacional Pedro Ruiz Galo – Complejo Arqueológico Chotuna – Complejo Arqueológico Chornancap”, consiste en la elaboración de un proyecto de una carretera de 7.5 km aproximadamente, donde incluye el trabajo de campo y laboratorio, tales como el Diseño Geométrico, estudios Geotécnicos, estudios Hidrológicos, diseño de pavimento, evaluación de impacto ambiental, análisis de costos unitarios, presupuesto y cronograma de obra.

1.2. ANTECEDENTES

La ausencia del “Estudio Definitivo De La Carretera San Romualdo, Tramo Centro De Esparcimiento De La Universidad Nacional Pedro Ruiz Galo – Complejo Arqueológico Chotuna – Complejo Arqueológico Chornancap”, distrito de Lambayeque, es el principal obstáculo para la ejecución de este proyecto, por lo que aún no es posible mejorar las condiciones de transitabilidad de esta carretera, generando mayores costos de traslado de productos agrícolas a los mercados más cercanos, así como mayores tiempos de viaje para la población, esto trae como consecuencia su bajo nivel de desarrollo.

1.3. PROBLEMA

¿Por qué realizar el “Estudio Definitivo De La Carretera San Romualdo, Tramo Centro De Esparcimiento De La Universidad Nacional Pedro Ruiz Galo – Complejo Arqueológico Chotuna – Complejo Arqueológico Chornancap”

1.4. HIPÓTESIS

El “Estudio Definitivo De La Carretera San Romualdo, Tramo Centro De Esparcimiento De La Universidad Nacional Pedro Ruiz Galo – Complejo Arqueológico Chotuna – Complejo Arqueológico Chornancap”, provincia de Lambayeque, servirá para que se gestione y financie la futura ejecución.

1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Porque en la actualidad, esta carretera no cuenta con ningún tipo de estudio definitivo, y debido a la problemática de transporte, en especial de productos agrícolas, he creído conveniente realizar el presente estudio.

Para que se cuente con un estudio definitivo de dicha carretera, ya que es de gran importancia, pues servirá a la entidad competente como documento principal para su

posterior implementación y ejecución, de esta manera, brindar mayor acceso a los complejos arqueológicos y a sus zonas productivas, mejorando las condiciones de vida de la población en el área de influencia del proyecto.

1.6. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.6.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar el “Estudio Definitivo De La Carretera San Romualdo, Tramo Centro De Esparcimiento De La Universidad Nacional Pedro Ruiz Galo – Complejo Arqueológico Chotuna – Complejo Arqueológico Chornancap”

1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el Diseño Geométricos de la vía.
- Realizar los estudios Geotécnicos.
- Diseñar el Pavimento.
- Evaluar el Impacto Ambiental.
- Elaborar el presupuesto y programación de obra.

CAPÍTULO II

ESTUDIOS DE PLANEACIÓN

2.1. ESTUDIO GEOGRÁFICO - FÍSICO

2.1.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El proyecto a realizar se encuentra ubicado en la distrito de Lambayeque, cuya provincia y departamento llevan el mismo nombre; este distrito perteneciente a la región costa y creada con ley el 7 de enero de 1872, cuenta con un territorio de $9,364.63 \text{ km}^2$ y según el censo del año 2007, tiene una población de 258, 747 hab.

Sus límites del distrito de Lambayeque son:

- Por el Este : Limita con los distritos de Picsi y Pueblo Nuevo.
- Por el Oeste : Limita con el océano Pacífico.
- Por el Norte : Limita con el distrito de Mochumí y Mórrope.
- Por el Sur : Limita con San José, José Leonardo Ortiz y Chiclayo.

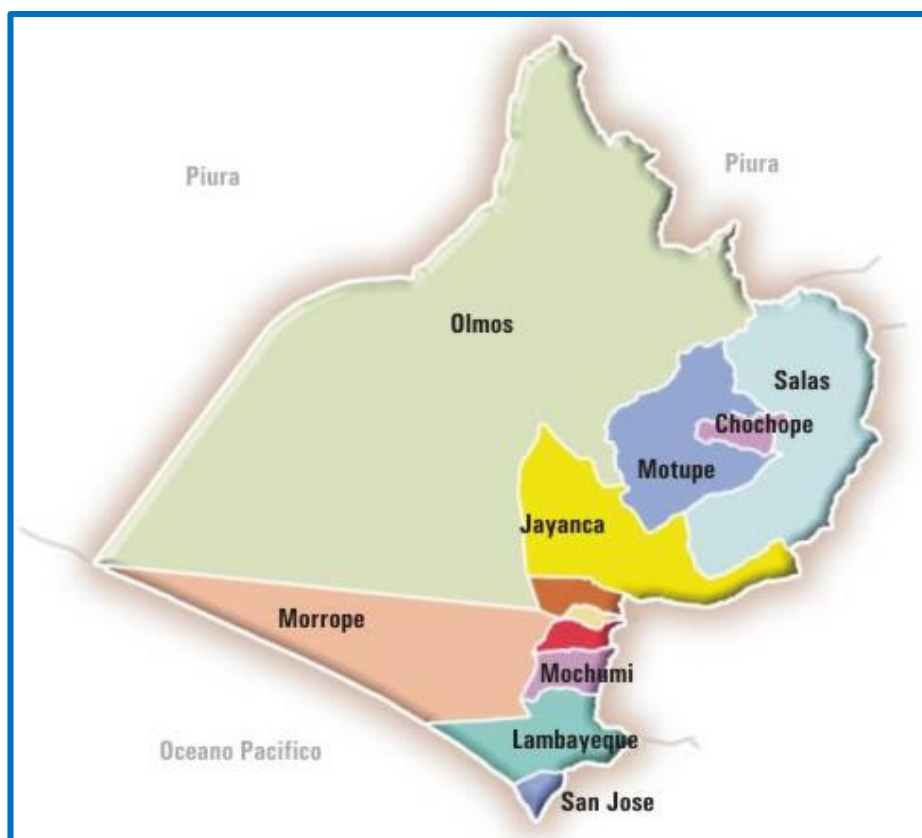


Gráfico 2.1: Ubicación del proyecto

2.1.2. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El punto de inicio del presente proyecto es en el Centro de Esparcimiento de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, dirigiéndonos al oeste, encontramos el Complejo Arqueológico Huaca Chotuna, y seguidamente el Complejo Arqueológico Chornancap, y tiene como coordenadas:

DESCIPCION	COORDENADA	
	ESTE	NORTE
Centro Esparcimiento de la Universidad Pedro Ruiz Gallo	619670.5094m	9259164.0180m
Complejo Arqueológico Chotuna	615912.7805m	9257359.2782m
Complejo Arqueológico Chornancap	614100.5715m	9257515.3987m

Cuadro 2.1: Coordenadas de ubicación de complejos arqueológicos.

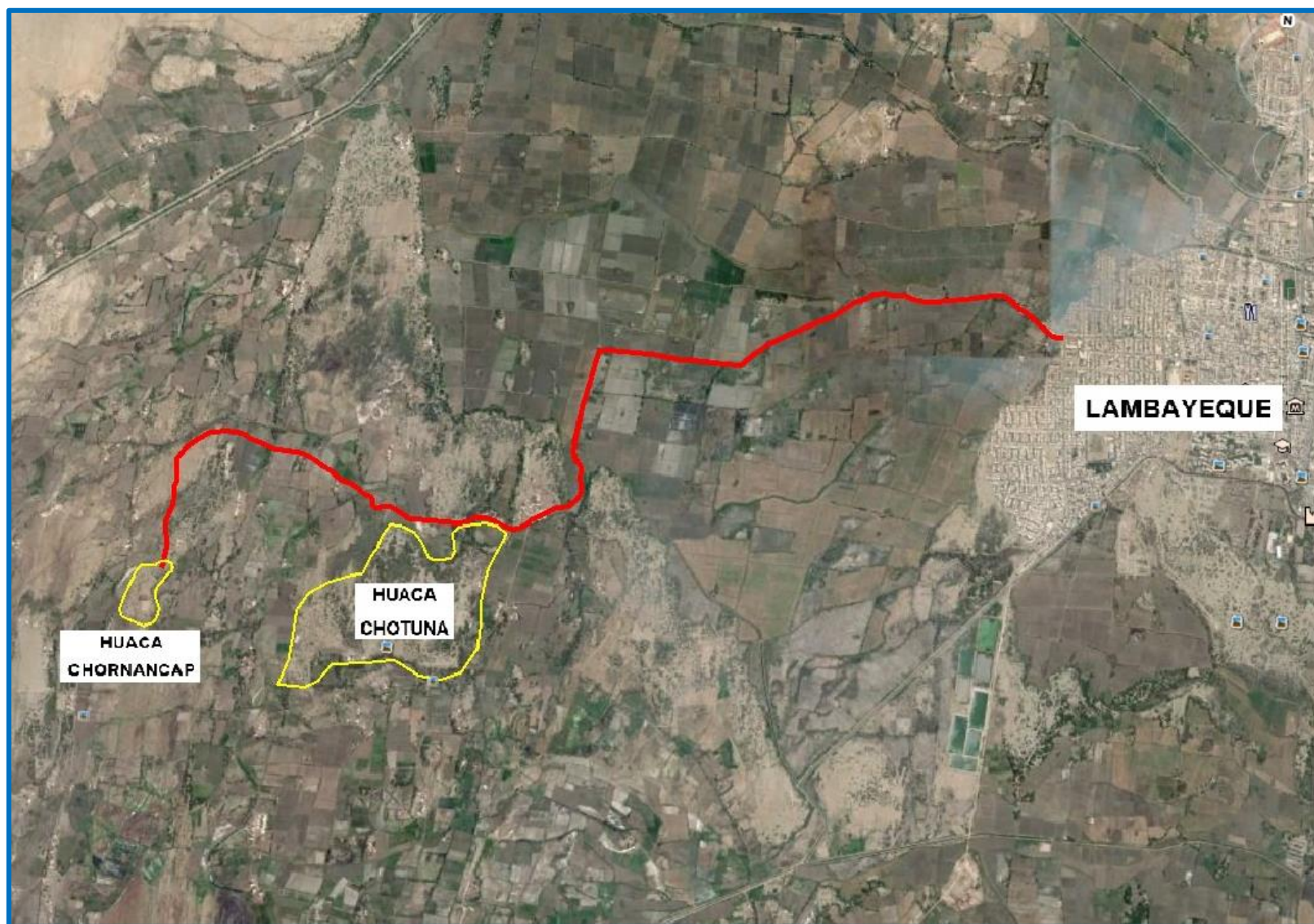


Gráfico 2.2: Recorrido del objeto de estudio.

2.1.3. RELIEVE DE LA ZONA

Su suelo es llano y muy fértil, la topografía es relativamente plana, además sus tierras son mayormente utilizadas para el cultivo de arroz y algodón.

2.1.4. METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA

Por estar Lambayeque situado en una zona tropical, cerca del ecuador, el clima debería ser caluroso, húmedo, y lluvioso; sin embargo su estado es sub tropical, seca, sin lluvias, con fuertes vientos denominados ciclones. Periódicamente, cada 7, 10, 15, años se presentan temperaturas elevadas, con lluvias regulares y aumento extremado del agua de los ríos.

La temperatura en verano fluctúa entre 20°C como mínimo y 30°C como máximo; cuando el clima se tropicaliza, cada ciertos años, la temperatura fluctúa entre 30-35°. En invierno la temperatura mínima es de 15°y máxima de 24°.

2.2. ESTUDIOS ECONÓMICOS

2.2.1. ANALISIS SOCIO ECONÓMICO

Precisando la situación actual, la insuficiencia de agua es uno de los principales problemas que enfrentan la mayoría de los pobladores a lo largo del trayecto del proyecto a realizar, la mayoría no cuenta con servicios de agua y desagüe, haciendo de su consumo humano, agua subterránea.

La población de este sector, depende básicamente y en su mayoría de la agricultura, dichas tierras son irrigadas con aguas superficiales canalizadas y cuya dotación depende de la Comisión de Regantes de Lambayeque, es por tal motivo, que en épocas de sequía, la población trata de cambiar de cultivo o dejar de sembrar, produciéndose así, el subdesarrollo agrícola y familiar.

Con respecto a la energía eléctrica, se ha mejorado en muchos sectores ya que cuentan con este servicio las 24 horas del día pese a que la energía es de muy bajo voltaje impidiendo el buen funcionamiento de ciertos artefactos.

Además de ello, en el trayecto encontramos varios complejos arqueológicos, llamados comúnmente “Huacas”, por lo que es una zona turística y apta para el desarrollo cultural y económico (ver en Tomo II, mapa de ubicación).

A) ACTIVIDADES PRODUCTIVAS

A lo largo del recorrido del proyecto en estudio, observamos que en su mayoría se encuentra sembrado con diferentes cultivos, los cuales son su actividad productiva de la población, no encontramos criaderos de animales, salvo los de consumo propio como son aves y porcinos.

A continuación se presenta un cuadro de siembra de la provincia de Lambayeque, Teniendo como **fuentes la Gerencia Regional de Agricultura de Lambayeque** en su informe agropecuario de febrero 2015.

Teniendo la información de los pobladores y análisis de la cantidad de cultivos, llegamos a la conclusión que el área sembrada equivale al 0.4 % de la producción neta de la provincia de Lambayeque.

CULTIVOS DE LA PROVINCIA DE LAMBAYEQUE	AREA SEMBRADA (Ha)		PRODUCCIÓN EN LA ZONA DEL PROYECTO (0.4 %)	
	FEBRERO	ACUM. AGO. - FEB.	FEBRERO	AGO. - FEB.
Arroz	18,375	20,840	74	83
Maíz A.D.	1,208	3,125	5	13
Frejol de palo	464	722	2	3
Frejol Caupi	319	1,110	1	4
Alverja seca	0	0	0	0
Fejol seco	0	0	0	0
Algoón	0	4,298	0	17
TOTAL	20,366	30,095	81	120

Cuadro 2.2: Área sembrada en la zona del proyecto.

B) ACTIVIDAD TURÍSTICA

En este lugar yacen importantes restos arqueológicos como pirámides y centros administrativos en medio de calurosos valles, es tierra de soberanos que gobernaron hace siglos el norte del Perú y que volvieron del pasado, como el Señor de Sipán, cuyos restos descansan en el Museo Tumbas Reales, también encontramos otros importantes sitios arqueológicos aún por explorar en su totalidad como Chotuna y

Chornancap, y que son muy turísticos hoy en día por su valor cultural, además de con un sin número de huacas pequeñas que rodean estos complejos.

Es este estudio, mencionaré dos complejos arqueológicos, ya que son los puntos de finalización del tramo de carretera del estudio a realizar.

B.1. COMPLEJO ARQUEOLÓGICO CHOTUNA

En el siglo XVI, el cronista Miguel Cabello de Balboa registró para la posteridad la famosa leyenda de Naylamp, considerado el fundador del antiguo reino de Los Lambayeque (cuyo período de desarrollo se situó entre el 800 d.C y el 1350 d.C). Según el español, un importante señor habría llegado a las costas de esa región en una embarcación que era acompañada por una gran flota de balsas. El ilustre personaje se habría asentado cerca de la playa, y allí habría construido un imponente templo. En él, habrían adorado a un ídolo que tenía el mismo rostro del caudillo, a quien llamaron Llampallec, que quiere decir Naylamp.

El mítico escenario al que se refería el cronista es el que hoy se conoce como el complejo arqueológico Chotuna, un lugar sagrado ubicado a pocos kilómetros de la ciudad de Lambayeque, la importancia de este recinto radica en ser la presunta cuna de la cultura lambayecana.

Uno de los vestigios más importantes del complejo es la fachada de un templo adornado con frisos en bajorrelieve, ubicado en la huaca Gloria y descubierto por Christopher Donany en 1941. Se presume que en un inicio la fachada tenía unos 30 metros de largo. Actualmente el espacio solo cuenta con 16 metros de largo, cinco de ancho y 26 de fondo.

La fachada principal del templo muestra un panel de relieves en los que se puede apreciar hasta cinco serpientes bicéfalas ubicadas una junto a la otra. Al lado de ellas, se aprecian dos animales parecidos a ardillas. En el entorno y para completar la iconografía aparecen peces, aves y serpientes. Además en la parte superior, logran verse varios paneles cuadrangulares que encierran la representación de seres antropomorfos y zoomorfos.

Los frisos que adornan el sector norte de la huaca Gloria muestran, también, un ave volando en picada con la intención de atrapar un pez, este trazo constituye un sello indiscutible de la cultura Lambayeque y de su relación con la leyenda del Señor de Naylamp. Otros expertos coinciden en que el conjunto de relieves manifiesta la cosmovisión de los antiguos pobladores de Lambayeque, quienes

tuvieron como inspiración al mar, los peces, las aves y otros elementos asociados a la costa de la región, como es el caso del fenómeno de El Niño.



Gráfico 2.3: Fachada de Museo de sitio “Chotuna – Chornancap”



Gráfico 2.4: Interior de Museo de sitio “Chotuna – Chornancap”

B.2. COMPLEJO ARQUEOLÓGICO CHORNANCAP

Está ubicada a 1.5 kilómetros de la Huaca Chotuna y a solo 4 kilómetros del mar, esta pirámide trunca está orientada hacia el este. Desde el frontis principal se pueden apreciar sus tres niveles superpuestos, el primero está a la altura de la

superficie actual, el segundo alcanza una altura de 10 metros y el tercero llega a los 15 metros.

En los años 80 el arqueólogo Christopher Donnan realizó trabajos de investigación, lo cual permitió encontrar un patio con pintura mural, estos murales pertenecerían a la fase intermedia del complejo Chotuna Chornancap, es decir, entre los años 1100 a 1300 d.C.

Al lado sur de la huaca, a 80 metros del templo, el arqueólogo Carlos Western encontró una compleja estructura arquitectónica que él denominó como “residencia de élite” para un personaje de elevado status. Fue precisamente en el área ceremonial de este recinto donde en el año 2011 se descubrió la tumba de la Sacerdotisa de Chornancap.



Gráfico 2.5: Vista desde Huaca Chotuna a la Huaca Chornancap



Gráfico 2.6: Vista de la zona a explorar en Huaca Chornancap



Gráfico 2.7: Friso encontrado en Huaca Chornancap

2.2.2. INFRAESTRUCTURA DE SERVICIO

A) EDUCACIÓN

No cuentan con centros educativos secundarios, pero si con una institución educativa primaria N°10997 ubicada en el sector “Bodegones” a pocos metros del centro poblado “La Ranchería” y que alberga a 81 niños entre las edades de 6 y 14 años de edad, los cuales vienen de los diferentes anexos de la zona.

Los niños que estudian secundaria, deben de ir a la escuela más cercana ubicada en la ciudad de Lambayeque.

B) SALUD

Cuentan con un Centro de Salud en la zona de San Carlos, a 2 km del Centro de Esparcimiento Chornancap y a 10 km de la ciudad de Lambayeque, en el cual atienden 3 veces por semana y enfermedades comunes, contando con medicina básica, por lo que la mayoría viaja hasta la ciudad de Lambayeque al Hospital Provincial Docente “Belén” o algún centro particular.

C) COMUNICACIÓN

Cuentan con señal de telefonía celular y que en la mayoría de zonas hay señal por momentos, radio, Tv por medio de antena de aire, todos estos servicios en el área de influencia del proyecto.

D) AGUA Y DESAGUE

Ningún anexo a la zona de influencia cuenta con una red de agua potable, para el consumo humano es de norias con agua de calidad media, y para aseo personal, con aguas del canal San Romualdo o de norias que su agua cuenta son salinidad.

2.2.3. POBLACION BENEFICIADAS

2.2.3.1. POBLACION RESIDENTE EN LA ZONA DE ESTUDIO

Con la encuesta realizada a los diferentes anexos cercanos a la zona de estudio, se logró identificar:

ZONA	FAMILIAS	PERSONAS
C.P. LA RANCHERIA	34	107
ANEXO EL HUABO	14	57
ANEXO SAN CARLOS	18	61
ALREDEDORES HUACA CHOTUNA	17	68
ALREDEDORES HUACA CHORNANCAP	11	31
A LO LARGO DEL RECORRIDO (DISPERSAS)	9	23
TOTAL	103	347

Cuadro 2.3: Población beneficiada residente en la zona de estudio.

2.2.3.2. POBLACION TURISTA A COMPLEJOS ARQUEOLÓGICOS

En la visita al Museo de Sitio del Centro Arqueológico Chotuna – Chornancap, la información brindada por el Director del Museo, Arqueólogo, Marco Antonio Fernández Manayalle, los turistas ascienden a los 1,300 (mil trescientos visitantes) anuales, según los últimos cinco años, los mismos que se incrementarían hasta en un 50% el primer año debido a que se crearía un circuito turístico hacia la zona de los médanos de La Bocana -San José, luego Pimentel a los caballitos de Totorá, únicos en el norte peruano que mantienen la costumbre del sistema artesanal de pesca.

2.2.3.3. POBLACION TOTAL BEBEFICIADA

La población beneficiada que usará la vía de acceso en forma anual, será de:

ZONA	PERSONAS
Población residente en la zona de estudio	347
Población turista a los centros arqueológicos	1300
TOTAL	1647

Cuadro 2.4: Población total beneficiada.

CAPÍTULO III

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

3.1. ESTUDIO DE TRÁFICO

Fuente: Manual Diseño Geométrico de Carreteras – 2014 – MTC del Perú.

Las características y el diseño de una carretera deben basarse, explícitamente, en la consideración de los volúmenes de tránsito y de las condiciones necesarias para circular por ella, con seguridad vial ya que esto le será útil durante el desarrollo de carreteras y planes de transporte, en el análisis del comportamiento económico, en el establecimiento de criterios de definición geométrica, en la selección e implantación de medidas de control de tránsito y en la evaluación del desempeño de las instalaciones de transportes.

La financiación, la calidad de los terrenos, la disponibilidad de materiales, el costo del derecho de vía, y otros factores tienen una influencia importante en el diseño, sin embargo, el volumen de tránsito indica la necesidad de la mejora y afecta directamente a las características de diseño geométrico como son el número de carriles, anchos, alineaciones, etc.

Conjuntamente con la selección del vehículo de proyecto, se debe tomar en cuenta la composición del tráfico que utiliza o utilizará la vía, obtenida sobre la base de estudio de tráfico y sus proyecciones que consideren el desarrollo futuro de la zona tributaria de la carretera y la utilización que tendrá cada tramo del proyecto vial.

3.1.1. ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA)

Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica.

Los valores de IMDA para tramos específicos de carretera, proporcionan al proyectista, la información necesaria para determinar las características de diseño de la carretera, su clasificación y desarrollar los programas de mejoras y mantenimiento. Los valores vehículo/día son importantes para evaluar los programas de seguridad y medir el servicio proporcionado por el transporte en carretera.

La carretera se diseña para un volumen de tránsito, que se determina como demanda diaria promedio a servir hasta el final del período de diseño, calculado como el número de vehículos promedio, que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual.

La siguiente fórmula, se usará para el cálculo del IMDA:

$$IMDA = \frac{V_{D1} + V_{D2} + V_{D3} + V_{D4} + V_{D5} + V_{D.SAB} + V_{D.DOM}}{7} \times FCE$$

Donde:

IMDA = Índice Medio Diario Anual.

$V_{D1} + V_{D2} + V_{D3} + V_{D4} + V_{D5}$ = Volúmenes de tráfico en días laborales.

$V_{D.SAB} + V_{D.DOM}$ = Volúmenes de tráfico de los días sábado y domingo.

FCE = Factor de corrección estacional.

3.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Fuente: Manual Diseño Geométrico de Carreteras – 2014 – MTC del Perú.

En todos los trabajos topográficos, se aplicará el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP), que a su vez ha tomado las unidades del Sistema Internacional de Unidades o Sistema Métrico Modernizado.

3.2.1. PROCEDIMIENTOS GEODÉSICOS PARA REFERENCIACIÓN

Se adopta la incorporación como práctica habitual de trabajo, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), que opera referido a sistemas geodésicos, en particular el conocido como WGS-84 (World Geodetic System de 1984).

El Sistema de Referencia WGS-84 es un sistema geocéntrico global (mundial) con origen en el centro de masa de la Tierra, cuya figura analítica es el Elipsoide Internacional GRS-80. Al determinar las coordenadas de un punto sobre la superficie de la Tierra mediante GPS, se obtienen las coordenadas cartesianas X, Y, Z y sus equivalentes geodésicas: latitud (ϕ), longitud (λ) y altura elipsoidal (h).

3.2.2. SISTEMAS GEODÉSICOS

Se denomina Sistema Geodésico Oficial, al conjunto conformado por la Red Geodésica Horizontal Oficial y la Red Geodésica Vertical Oficial, que están a cargo del Instituto Geográfico Nacional. Está materializado por puntos localizados dentro del ámbito del territorio nacional, mediante monumentos o marcas, que interconectados permiten la obtención conjunta o por separado de su posición geodésica (coordenadas), altura o del campo de gravedad, enlazados a los sistemas de referencia establecidos.

3.3. DISEÑO GEOMÉTRICO

Fuente: Manual Diseño Geométrico de Carreteras – 2014 – MTC del Perú.

3.3.1. CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS

A) POR SU DEMANDA

- **AUTOPISTAS DE PRIMERA CLASE**

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

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

- **AUTOPISTAS DE SEGUNDA CLASE**

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

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

- **CERRETERAS DE PRIMERA CLASE**

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

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

- **CERRETERAS DE SEGUNDA CLASE**

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

su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

- **CERRETERAS DE TERCERA CLASE**

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

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

- **TROCHAS CARROZABLES**

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

La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

B) POR SU OROGRAFÍA

- **TERRENO PLANO (TIPO 1)**

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

- **TERRENO ONDULADO (TIPO 2)**

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

- **TERRENO ACCIDENTADO (TIPO 3)**

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

- **TERRENO ESCARPADO (TIPO 4)**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su trazado.

CLASIFICACION	OROGRAFIA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Autopista de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de tercera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

Cuadro 3.1. Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

3.3.2. RADIOS MINIMOS

Los radios mínimos de curvatura horizontal son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad, puede utilizarse la siguiente fórmula:

$$R_m = \frac{V^2}{127 (P_{m\acute{a}x} + f_{m\acute{a}x})}$$

Donde:

R_m = Radio Mínimo.

V = Velocidad de diseño.

$P_{m\acute{a}x}$ = Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno)

$f_{m\acute{a}x}$ = Coeficiente de fricción transversal máxima.

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	P máx (%)	f máx	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
rea rural (plano u ondulado)	30	8,00	0,17	28,3	30
	40	8,00	0,17	50,4	55
	50	8,00	0,16	82,0	90
	60	8,00	0,15	123,2	135
	70	8,00	0,14	175,4	195
	80	8,00	0,14	229,1	255
	90	8,00	0,13	303,7	335
	100	8,00	0,12	393,7	440
	110	8,00	0,11	501,5	560
	120	8,00	0,09	667,0	755
	130	8,00	0,08	831,7	950
rea rural (accidentado o escarpado)	30	12,00	0,17	24,4	25
	40	12,00	0,17	43,4	45
	50	12,00	0,16	70,3	70
	60	12,00	0,15	105,0	105
	70	12,00	0,14	148,4	150
	80	12,00	0,14	193,8	195
	90	12,00	0,13	255,1	255
	100	12,00	0,12	328,1	330
	110	12,00	0,11	414,2	415
	120	12,00	0,09	539,9	540
	130	12,00	0,08	665,4	665

Cuadro 3.2. Radios Mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras

3.3.3. CURVAS HORIZONTALES

Es un segmento de circunferencia que se singulariza por su radio de curvatura o simplemente radio, cuyo valor es constante a lo largo de toda la curva debido a su ángulo en el centro. Usualmente se designa por I , dado la ubicación del punto de intersección de las tangentes en ambos extremos de la curva, designada por PI (Punto de Intersección) y por la ubicación de los puntos de inicio y final de la curva. El punto de inicio de una curva circular se denomina PC (Principio de Curva) y el punto final PT (Principio de Tangente).

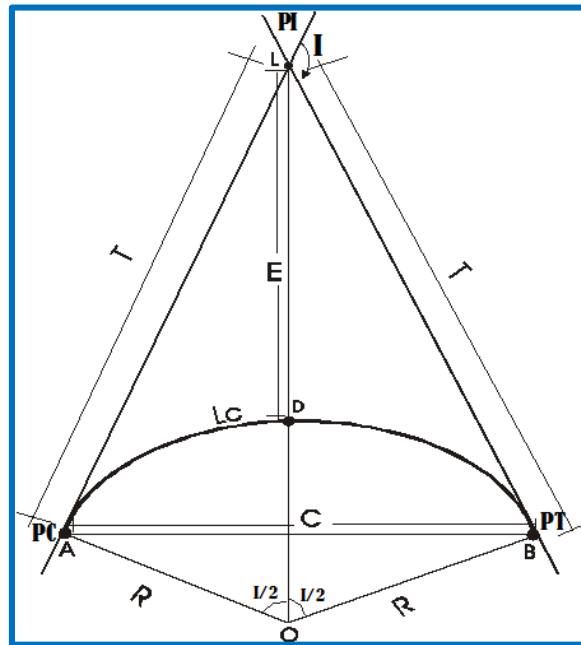


Gráfico 3.1. Radios Mínimos y peraltes

Donde:

PI : Punto de intersección de dos alineamientos consecutivos (L).

Pc : Punto de inicio de curva circular (A).

PT : Punto de término de curva circular (B).

R : Radio de curva circular.

I : Ángulo de intersección de dos alineamientos consecutivos.

T : Tangente de la curva (AL y BL).

E : Externa (LD).

Lc : Longitud de arco.

C : Cuerda mayor entre el PC y el PT

Además:

$$T = R \times \text{Tang}\left(\frac{I}{2}\right)$$

$$E = R \times \left[\sec\left(\frac{I}{2}\right) - 1 \right]$$

$$Lc = R \times \frac{\pi \times I}{180}$$

3.3.4. PERALTE DE LA CARRETERA

Se denomina peralte a la sobre elevación de la parte exterior de un tramo de la carretera en curva con relación a la parte interior del mismo con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga. Las curvas horizontales deben ser peraltadas.

El peralte máximo tendrá como valor máximo normal 8% y como valor excepcional 10%. En carreteras afirmadas bien drenadas en casos extremos, podría justificarse un peralte máximo alrededor de 12%.

3.3.5. PENDIENTE

A) PENDIENTE MÍNIMA

Es conveniente proveer una pendiente mínima del orden de 0,5%, a fin de asegurar en todo punto de la calzada un drenaje de las aguas superficiales. Se pueden presentar los siguientes casos particulares:

- Si la calzada posee un bombeo de 2% y no existen bermas y/o cunetas, se podrá adoptar excepcionalmente sectores con pendientes de hasta 0,2%.
- Si el bombeo es de 2,5% excepcionalmente podrá adoptarse pendientes iguales a cero.
- Si existen bermas, la pendiente mínima deseable será de 0,5% y la mínima excepcional de 0,35%.
- En zonas de transición de peralte, en que la pendiente transversal se anula, la pendiente mínima deberá ser de 0,5%.

B) PENDIENTE MÁXIMA

Es conveniente considerar las pendientes máximas que están indicadas en la tabla, no obstante, se pueden presentar los siguientes casos particulares:

- En zonas de altitud superior a los 3,000 msnm, los valores máximos de la tabla, se reducirán en 1% para terrenos accidentados o escarpados.
- En autopistas, las pendientes de bajada podrán superar hasta en un 2% los máximos establecidos en la tabla.

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Vehículos/día																				
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 20 km/h																	8,00	9,00	10,00	12,00
30 km/h																	8,00	9,00	10,00	12,00
40 km/h																9,00	8,00	9,00	10,00	10,00
50 km/h											7,00	7,00			8,00	9,00	8,00	8,00	8,00	8,00
60 km/h					6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	8,00	9,00	8,00	8,00	8,00	8,00
70 km/h			5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	7,00		7,00	7,00	7,00	7,00
80 km/h	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00		6,00	6,00			7,00	7,00	7,00	7,00
90km/h	4,50	5,00	5,00		5,00	5,00	6,00		5,00	5,00			6,00				6,00	6,00	6,00	6,00
100km/h	4,50	4,50	4,50		5,00	5,00	6,00		5,00				6,00							
110 km/h	4,00	4,00			4,00															
120 km/h	4,00	4,00			4,00															
130 km/h	3,50																			

Cuadro 3.3. Pendientes máximas (%)

3.3.6. ANCHO DE CALZADA EN TANGENTE

El ancho de la calzada en tangente, se determinará tomando como base el nivel de servicio deseado al finalizar el período de diseño. En consecuencia, el ancho y número de carriles se determinarán mediante un análisis de capacidad y niveles de servicio.

En la Tabla, se indican los valores del ancho de calzada para diferentes velocidades de diseño con relación a la clasificación de la carretera.

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehiculos/día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																		6,60	6,00	6,00
40 km/h														6,60	6,60	6,60	6,60	6,00	6,00	6,00
50 km/h											7,20	7,20		7,20	6,60	6,60	6,60	6,60	6,00	
60 km/h			7,20	7,20			7,20	7,20			7,20	7,20	7,20	7,20	6,60	6,60	6,60	6,60		
70 km/h			7,20	7,20			7,20	7,20		7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	6,60		6,60			
80 km/h	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20						
90 km/h	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20									
100 km/h	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20	7,20		7,20	7,20										
110 km/h	7,20	7,20			7,20	7,20														
120 km/h	7,20	7,20			7,20	7,20														
130 km/h	7,20	7,20																		

Cuadro 3.4. Anchos mínimos de calzada tangente.

3.3.7. BOBEO

En tramos en tangente o en curvas en contraperalte, las calzadas deben tener una inclinación transversal mínima denominada bombeo, con la finalidad de evacuar las aguas superficiales. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona.

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2,0	2,5
Tratamiento superficial	2,5	2,5-3,0
Afirmado	3,0-3,5	3,0-4,0

Cuadro 3.5. Valores de bombeo de la calzada.

3.4. ESTUDIO DE SUELOS

Fuente: Manual Diseño Geométrico de Carreteras – 2014 – MTC del Perú.

Desde las primeras fases del estudio de una obra vial, el proyectista deberá trabajar en forma coordinada con los especialistas en Geología y Geotecnia. En efecto, en la etapa de identificación de rutas posibles, la oportuna detección de zonas conflictivas desde el punto de vista geotécnico, puede justificar el abandono de una ruta, que pudiera parecer atrayente por consideraciones de trazado.

En los diversos niveles de estudio, el ingeniero especialista irá detectando con grados de precisión creciente, aspectos tales como:

- Identificación de sectores específicos con características geotécnicas desfavorables.
- Sectorización de la zona de emplazamiento del trazado, definiendo el perfil estratigráfico pertinente y sus propiedades.
- Todo ello, orientado a establecer la capacidad de soporte del terreno natural, así como los taludes seguros para terraplenes y cortes, asociados a los distintos materiales.
- Condiciones de fundación de estructuras, obras de drenaje y obras complementarias.
- Aspectos de drenaje incidentes en el problema geotécnico.
- Disponibilidad de yacimientos de materiales.

Las características geotécnicas de los materiales que pueden presentarse a lo largo del emplazamiento de una carretera son variadas, pudiendo experimentar cambios radicales entre sectores muy próximos. No es posible, por lo tanto, definir a priori un procedimiento de estudio de tipo general. En consecuencia, deberá ser el ingeniero especialista quien vaya definiendo, en las diversas etapas, los estudios específicos que deberán ejecutarse. El Consultor procederá a la recopilación de toda la información geológico-geotécnica representativa de la zona de emplazamiento de los corredores seleccionados.

El análisis de las cartas de pequeña escala en que se definieron los corredores permitirá establecer aspectos morfológicos, los cuales orientan respecto a la calidad de los terrenos. Por otra parte el modelaje superficial que se observa permite tipificar cuales han sido los elementos generadores de estas formas, deduciendo así cuales han sido los principales agentes de erosión. El análisis o estudio fotointerpretativo se basará en el estudio de fotos aéreas y fotos satelitales del área donde se emplazan los corredores.

3.4.1. PRECENCIA DE AGUA EN EL SUELO

El agua terrestre tiene su origen en la lluvia y fluye bajo la influencia de la gravedad. En la superficie se forman ríos, corrientes y lagos, pero una gran proporción pasa por percolación hacia las rocas y suelos de la corteza. La profundidad de percolación del agua depende de la naturaleza porosa de las rocas; sin embargo, los geólogos piensan que existe muy poca o ninguna agua a una profundidad de 8 Km. Los poros del suelo están llenos de aire y agua, pudiéndose distinguir tres casos diferentes:

A) Suelos Secos:

Todos los huecos están llenos exclusivamente de aire.

B) Suelos saturados:

Todos los huecos están completamente llenos de agua.

C) Suelos Semi-saturados:

Los huecos están ocupados en parte por aire y en parte por agua, siendo el caso de suelos situados por encima del nivel freático.

El agua freática se mueve libremente por gravedad en el terreno y llena todos los poros (agua intersticial). Las capas freáticas se llaman acuíferas y su límite inferior es impermeable o bien una base rocosa. Su límite superior es el nivel freático que es el lugar geométrico de los puntos en los que la presión del agua es la atmosférica. El agua sobre el terreno natural en el lugar en que se construirá una carretera, parte escurre por la superficie, parte se infiltra en él y parte se evapora. La relación entre el agua que escurre y la precipitación total es el coeficiente de escurrimiento del terreno; éste es variable según el tipo de suelo, su pendiente, tipo de vegetación y otros factores. El agua que corre sobre la superficie del terreno lo erosiona y más tarde, o más temprano, se incorpora a una corriente superficial.

Asimismo, lo que se infiltra a través del suelo, lo penetra hasta ser definida por una capa impermeable y satura la zona supradacente a esa capa formando el nivel freático, que se mantendrá a un nivel más o menos constante en tanto no haya una modificación sustancial en el régimen hidráulico de la zona. Cuando el agua freática aflora, es muy poco profunda y da lugar a terrenos pantanosos. Cuando el agua freática está a relativa profundidad, pero el terreno sobre ella es fino y con potencial capilar elevado, aquella puede ascender a importantes alturas y puede llegar a perjudicar la estructura del pavimento.

Se mencionan a continuación los efectos principales a que dan lugar los cambios en el agua freática y capilar dentro del terreno de fundación:

- Al cambiar el contenido de agua de los suelos cambian sus propiedades mecánicas más importantes, tales como la resistencia al esfuerzo cortante, que disminuye notablemente en suelos arcillosos o con apreciable contenido de finos cuando aquél aumenta, y la compresibilidad, que crece cuando el suelo fino adquiere agua. En suelos arenosos, especialmente en los cementados con sustancias solubles, la invasión de agua puede producir cambios drásticos en la estructuración y, por lo tanto, en la resistencia; también en este caso disminuye la resistencia por las fuerzas boyantes que se ejercen sobre los materiales bajo el nivel freático. Todo lo anterior se refleja en los asentamientos producidos en los terraplenes, en la posible falla de éstos, en las deformaciones que puede sufrir la capa subrasante, etc.
- Los movimientos y variaciones en el agua freática y sus efectos no son nunca uniformes, por lo que producen áreas de diferentes comportamientos en el terreno de cimentación.
- Los cambios en contenidos de agua propician cambios de volumen perjudiciales en suelos expansivos
- En suelos susceptibles a las heladas la existencia de agua es particularmente peligrosa, debido a los cambios de volumen y resistencia que se producen con el congelamiento periódico.
- La acción del agua en el pavimento puede producir efectos destructivos diferentes de los asociados a los cambios de volumen o de resistencia de los suelos, tales como el bombeo o la separación de la película de asfalto de las partículas de agregado en las carpetas o en las bases asfálticas.

Además de esos efectos, el agua que corre superficialmente produce erosiones en la obra vial y en el terreno de cimentación que son siempre indeseables. Es indispensable el drenaje superficial de estas aguas.

3.4.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

Dentro del campo particular de las carreteras, los suelos se presentan con una variedad y complejidad prácticamente infinitas. Así, cualquier intento de sistematización científica, acompañada de la correspondiente tendencia generalizadora, debe ir precedido por otro, en que se procure clasificar a los suelos del modo más completo posible.

La granulometría ofrece un medio sencillo y evidente para clasificar suelos. En verdad, basta dividir un suelo en sus fracciones granulométricas para tenerlo “clasificado”, si previamente se conviene en dar una denominación particular a las diversas fracciones según se queden comprendidas en una determinada gama de tamaños.

3.4.2.1. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN A.A.S.H.T.O.

Este sistema describe un procedimiento para la clasificación de suelos en siete grupos (8 grupos originalmente), con base en la distribución del tamaño de las partículas, el límite líquido y el índice de plasticidad determinados en laboratorio. La evaluación de los suelos dentro de cada grupo se hace por medio de un “Índice de Grupo” (IG), calculado a partir de una fórmula o través de gráficos en forma alterna. La clasificación de grupo será útil para determinar la calidad relativa del material del suelo que se usará en terracerías, sub-bases y bases.

Si se desea una clasificación más detallada, puede hacerse una subdivisión posterior de los grupos de dicho cuadro. En el cuadro, se muestra una clasificación con los subgrupos mencionados.

A-3, debido al exceso en el contenido de finos o a la plasticidad, o a ambos respecto a los límites en esos grupos.

Subgrupos A-2-4 y A-2-5

Están formados por diferentes materiales granulares que contienen 35% o menos que pasan por la malla de 0,075mm y con una parte de menos de 0,425mm que tienen las características de los grupos A-1 y A-5.

Subgrupos A-2-6 y A-2-7

Comprenden materiales similares a los descritos en los subgrupos A-2-4 y A-2-5, con la diferencia de que la parte fina contiene arcilla plástica que tiene las características de los grupos A-6 y A-7.

MATERIALES ARCILLO – LIMOSOS:

Contienen más del 35% de material que pasa la malla de 0,075mm.

Grupo A-4

El material típico de este grupo es un suelo limoso o plástico o moderadamente plástico, que tienen un 75% o más de material que pasa la malla de 0,075mm.

Grupo A-5

El material típico de este grupo es similar al descrito para el grupo anterior, con la diferencia de que es usualmente de material con características de diatomeas o de las micas; es de una elevada elasticidad, según lo indica su alto límite líquido.

Grupo A-6

El material típico de este grupo es un suelo de arcilla plástica que por lo regular tiene un 75% o más de material que pasa por la malla de 0,075mm. El grupo también abarca mezclas de suelos arcillosos finos y de hasta un 64% de arena y grava retenida en la malla de 0,075mm. Por lo regular, los materiales de este grupo tienen un notable cambio de volumen entre los estados húmedo y seco.

Grupo A-7

El material típico de este grupo es similar al descrito para el grupo A-6, con la diferencia de que éste tiene los límites líquidos característicos del grupo A-5 y puede ser elástico así como también, estar sujeto a grandes cambios en el volumen.

Subgrupo A-7-5

Comprende materiales que tienen índices de plasticidad moderados con relación con el límite líquido y pueden ser sumamente elásticos así como estar sujetos a considerables cambios en el volumen.

Subgrupo A-7-6

Incluye los materiales que tienen índices de plasticidad altos en relación al límite líquido y están sujetos a cambios extremadamente elevados en el volumen.

Gráfico 3.2. Descripción de los grupos de clasificación.

A) INDICE DE GRUPO (IC)

Para establecer el índice de grupo de un suelo se tiene la siguiente ecuación:

$$IG = 0.2 a + 0.005 ac + 0.01 bd$$

Donde:

- a = Porcentaje de material más fino que el que pasa el tamiz N° 200, mayor que el 35% pero menor que el 75%, expresado como un número entero positivo ($1 \leq a \leq 40$)
- b = Porcentaje de material más fino que pasa el tamiz N° 200, mayor que 15% pero menor que 55%, expresado como un número entero positivo ($1 \leq b \leq 40$)
- c = Porción del Límite Líquido Mayor que 40 pero no mayor que 60, expresado como un número entero positivo ($1 \leq c \leq 20$)
- d = Porción del Índice de Plasticidad Mayor que 10 pero no excedente a 30, expresado como un número entero positivo ($1 \leq d \leq 20$)

El índice de grupo se aproximará al número entero más cercano y en caso de resultar un valor negativo se asumirá CERO. Sin embargo, existe otra forma de calcular el índice de grupo, a través de gráficos, puesto que la ecuación es lineal, se observa fácilmente en la parte superior de la Figura 4.5, resuelve el término $0,01bd$ y en la parte inferior resuelve el término $(0,2 a + 0,005 ac)$. De forma que la suma de los valores obtenidos de las dos partes de la figura aproximada al siguiente entero positivo, constituye el índice del grupo del suelo.

ÍNDICE DE GRUPO	SUELO DE SUBRASANTE
IG > 9	Muy pobre
IG está entre 4 a 9	Pobre
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 a 2	Bueno
IG está entre 0 a 1	Muy bueno

Cuadro 3.6. Índice de grupo del suelo

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES							MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS			
	(Igual o menor del 35% pasa el tamiz N°200)							(más del 35% pasa el tamiz N°200)			
GRUPOS	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUBGRUPOS	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
Porcentaje que pasa el tamiz:											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz N° 40:											
Límite Líquido (LL)				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de Plasticidad (IP)	6 máx.	6 máx.	N.P.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	Fragmento de Piedra Grava o arena		Arena fina	Gravas, arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a bueno					Regular a deficiente					

Cuadro 3.7. Clasificación General de los materiales

3.4.2.2. SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELO S.U.C.S.

Este sistema se divide en dos grandes fracciones: la gruesa, formada por partículas mayores que la malla N° 200 (0,074 mm) y menores que la malla de 3" (7,62 cm) y la fina, formada por las partículas que pasan la malla N° 200; por ello, un suelo se considera grueso si más del 50% de sus partículas son gruesas, y fino, si más de la mitad de sus partículas en peso, son finas. Asimismo, la fracción gruesa se sub divide en gravas y arenas, teniendo como frontera la malla N° 04 (4,76 mm), subdivisiones subsecuentes de esta fracción toman en cuenta el contenido y naturaleza de los finos; y la fracción fina se subdivide en grupos tomando en cuenta sus características de plasticidad, las cuales están relacionadas con las propiedades mecánicas e hidráulicas que interesan al ingeniero civil, tales como: características de esfuerzo-deformación y resistencia, compresibilidad, permeabilidad, etc.

Una de las propiedades que más influye para la formación de estos grupos es la compresibilidad, la cual está íntimamente ligada a las características de plasticidad específicamente con el valor del límite líquido ya que la compresibilidad aumenta con este valor, permaneciendo todos los demás factores constantes. Este sistema hace uso de la "Carta de Plasticidad", cuyo principal uso es el de situar en ella un suelo desconocido, por medio del cálculo de los dos parámetros de plasticidad: límite líquido como límite plástico. La colocación del suelo en uno de estos grupos definidos indicará que participa del conjunto de propiedades mecánicas e hidráulicas características de ellos.

Se describirán en primer lugar los diferentes grupos referentes a los suelos gruesos:

A) SUELOS GRUESOS

El símbolo de cada grupo está formado por dos letras mayúsculas, que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos más típicos de ese grupo. El significado se especifica abajo.

- Gravas y suelos en que predominen éstas. Símbolo genérico G (gravel).
- Arenas y suelos arenosos. Símbolo genérico S (sand).

Las gravas y arenas se separan con la malla N° 4, de manera que un suelo pertenece al grupo genérico G, si más del 50% de su fracción gruesa (retenida en la malla 200) no pasa la malla N° 4, y es el del grupo genérico S, en caso contrario.

Las gravas y arenas se subdividen en cuatro tipos:

- Material prácticamente limpio de finos, bien graduado. Símbolo W (well graded). En combinación con los símbolos genéricos, obtienen los grupos GW y SW.
- Material prácticamente limpio de finos, mal graduado. Símbolo P (poor graded). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GP y SP
- Material con cantidad apreciable de finos no plásticos. Símbolo M (del sueco mo y mjala). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GM y SM.
- Material con cantidad apreciable de finos plásticos. Símbolo C (clay). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GC y SC.

A continuación se describen los grupos anteriores a fin de proporcionar criterios más detallados de identificación, tanto en el campo como en el laboratorio.

A.1. GRUPOS GW Y SW

Según se dijo, estos suelos son bien graduados y con pocos finos o limpios por completo. La presencia de los finos que pueden contener estos grupos no debe producir cambios apreciables en las características de resistencia de la fracción gruesa, ni interferir con su capacidad de drenaje. Los anteriores requisitos se garantizan en la práctica, especificando que en estos grupos el contenido de partículas finas no sea mayor de un 5% en peso. La graduación se juzga, en el laboratorio, por medio de los coeficientes de uniformidad y curvatura. Para considerar una grava bien graduada se exige que su coeficiente de uniformidad sea mayor que 4, mientras el de curvatura debe estar comprendido entre 1 y 3. En el caso de las arenas bien graduadas, el coeficiente de uniformidad será mayor que 6, en tanto el de curvatura debe estar entre los mismos límites anteriores.

A.2. GRUPOS GS Y SP

Estos suelos son mal graduados; es decir, son de apariencia uniforme o presentan predominio de un tamaño o de un margen de tamaños faltando algunos intermedios. En laboratorio deben satisfacer los requisitos señalados para los dos grupos anteriores, en el referente a su contenido de partículas finas, pero no cumplen los requisitos de graduación indicados para su consideración como bien graduados. Dentro de estos grupos están comprendidas las gravas uniformes, tales como las que se depositan en los lechos de los ríos, las arenas uniformes de médanos y playas y las mezclas de gravas y arenas finas, provenientes de estratos diferentes obtenidas durante un proceso de excavación.

A.3. GRUPOS GM Y SM

En estos grupos el contenido de finos afecta las características de resistencia y esfuerzo-deformación y la capacidad de drenaje libre de la fracción gruesa. En la práctica se ha visto que esto ocurre para porcentajes de finos superiores a 12%, en peso, por lo que esa cantidad se toma como frontera inferior de dicho contenido de partículas finas. La plasticidad de los finos en estos grupos varía entre “nula” y “media”; es decir, es requisito que los límites de plasticidad localicen a la fracción que pase la malla N° 40 debajo de la Línea A o bien que su índice de plasticidad sea menor que 4.

A.4. GRUPOS GC Y SC

Como antes, el contenido de finos de estos grupos de suelos debe ser mayor que 12% en peso, y por las mismas razones expuestas para los grupos GM y SM. Sin embargo, en estos casos, los finos son de media a alta plasticidad; es ahora requisito que los límites de plasticidad sitúen a la fracción que pase la malla N° 40 sobre la Línea A, teniéndose además, la condición de que el índice plástico sea mayor que 7.

A los suelos gruesos con contenido de finos comprendido entre 5% y 12% en peso, el Sistema Unificado lo considera casos de frontera, adjudicándoles un símbolo doble. Por ejemplo, un símbolo GP-GC indica una grava mal graduada, con un contenido entre 5% y 12% de finos plásticos (arcillosos).

Cuando un material no cae claramente dentro de un grupo, deberán usarse también símbolos dobles, correspondientes a casos de frontera. Por ejemplo. El

símbolo GW-SW se usará para un material bien graduado, con menos de 5% de finos y formada su fracción gruesa por iguales proporciones de grava y arena.

B) SUELOS FINOS

También en este caso el sistema considera a los suelos agrupados, formándose el símbolo de cada grupo por dos letras mayúsculas, elegidas con un criterio similar al usado para los suelos gruesos, y dando lugar a las siguientes divisiones:

- Limos inorgánicos, de símbolo genérico M (del sueco mo y mjala).
- Arcillas inorgánicas, de símbolo genérico C (clay).
- Limos y arcillas orgánicas, de símbolo genérico O (organic).

Cada uno de estos tres tipos de suelos se subdividen según su límite líquido, en dos grupos. Si éste es menor de 50%, es decir, si son suelos de compresibilidad baja o media, se añade al símbolo genérico la letra L (low compressibility), obteniéndose por esta combinación los grupos ML, CL y OL. Los suelos finos con límite líquido mayor de 50%, o sea de alta compresibilidad, llevan tras el símbolo genérico la letra H (high compressibility), teniéndose así los grupos MH, CH y OH. Ha de notarse que las letras L y H no se refieren a baja o alta plasticidad, pues esta propiedad del suelo, como se ha dicho, ha de expresarse en función de dos parámetros (LL e Ip), mientras que en el caso actual sólo el valor de límite líquido interviene. Por otra parte, ya se hizo notar que la compresibilidad de un suelo es una función directa del límite líquido, de modo que un suelo es más compresible a mayor límite líquido.

Los suelos altamente orgánicos, usualmente fibrosos, tales como turbas y suelos pantanosos, extremadamente compresibles, forman un grupo independiente de símbolo Pt (del inglés peat; turba).

Los distintos grupos de suelos finos ya mencionados se describen a continuación en forma más detallada

B.1. GRUPOS CL Y CH

Según ya se dijo, en estos grupos se encasillan las arcillas inorgánicas, El grupo CL comprende a la zona sobre la Línea A, definida por $LL < 50\%$ e $Ip > 7\%$.

El grupo CH corresponde a la zona arriba de la Línea A, definida por $LL > 50\%$. Las arcillas formadas por descomposición química de cenizas volcánicas, tales como la

bentonita o la arcilla del Valle de México, con límites líquidos de hasta 500%, se encasillan en el grupo CH.

B.2. GRUPOS ML Y MH

El grupo ML comprende la zona bajo la Línea A, definida por $LL < 50\%$ y la porción sobre la Línea A con $I_p < 4$. El grupo MH corresponde a la zona debajo de la Línea A, definida por $LL > 50\%$.

En estos grupos quedan comprendidos los limos típicos inorgánicos y limos arcillosos. Los tipos comunes de limos inorgánicos y polvo de roca, con $LL < 30\%$, se localizan en el grupo ML. Los depósitos eólicos, del tipo del Loess, con $25\% < LL < 35\%$ usualmente, caen también en este grupo.

Un tipo interesante de suelos finos que caen en esta zona son las arcillas del tipo caolín, derivados de los feldespatos de rocas graníticas; a pesar de que el nombre de arcillas está muy difundido para estos suelos, algunas de sus características corresponden a limos inorgánicos; por ejemplo, su resistencia en estado seco es relativamente baja y en estado húmedo muestran cierta reacción a la prueba de dilatancia; sin embargo, son suelos finos y suaves con un alto porcentaje de partículas tamaño de arcilla, comparable con el de otras arcillas típicas, localizadas arriba de la Línea A. En algunas ocasiones estas arcillas caen en casos de frontera ML-CL y MH-CH, dada su proximidad con dicha línea.

Las tierras diatomáceas prácticamente puras suelen no ser plásticas, por más que su límite líquido pueda ser mayor que 100% (MH). Sus mezclas con otros suelos de partículas finas son también de los grupos ML o MH.

Los suelos finos que caen sobre la Línea A y con $4\% < I_p < 7\%$ se consideran como casos de frontera, asignándoles el símbolo doble CL-ML, tal como se observa en la carta de plasticidad.

B.3. GRUPOS OL Y OH

Las zonas correspondientes a estos dos grupos son las mismas que las de los grupos ML y MH, respectivamente, si bien los orgánicos están siempre en lugares próximos a la Línea A.

Una pequeña adición de materia orgánica coloidal hace que el límite líquido de una arcilla inorgánica crezca, sin apreciable cambio de su índice plástico; esto hace que el suelo se desplace hacia la derecha en la Carta de Plasticidad, pasando a ocupar una posición más alejada de la Línea A.

B.4. GRUPOS PT

Las pruebas de límites pueden ejecutarse en la mayoría de los suelos turbosos, después de un completo remoldeo. El límite líquido de estos suelos suelen estar entre 300% y 500%, quedando su posición en la Carta de Plasticidad netamente debajo de la Línea A; el índice plástico normalmente varía entre 100% y 200%.

Similarmente al caso de los suelos gruesos, cuando un material fino no cae claramente en uno de los grupos, se usarán para él símbolos dobles de frontera. Por ejemplo, MH-CH representará un suelo fino con $LL > 50\%$ e índice plástico tal que el material quede situado prácticamente sobre la Línea A.

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos no se concreta a ubicar al material dentro de uno de los grupos enumerados, sino que abarca, además, una descripción del mismo, tanto alterado como inalterado. Esta descripción puede jugar un papel importante en la formación de un sano criterio técnico y, en ocasiones, puede resultar de fundamental importancia para poner de manifiesto características que escapen a la mecánica de las pruebas que se realizan. Un ejemplo típico de ello es la compacidad.

En los suelos gruesos, en general, deben proporcionarse los siguientes datos: nombre típico, porcentajes aproximados de grava y arena, tamaño máximo de las partículas, angulosidad y dureza de las mismas, características de su superficie, nombre local y geológico y cualquier otra información pertinente, de acuerdo con la aplicación ingenieril que se va a hacer del material.

En suelos gruesos en estado inalterado, se añadirán datos sobre estratificación, compacidad, cementación, condiciones de humedad y características de drenaje.

En los suelos finos, se proporcionarán, en general, los siguientes datos: nombre típico, grado y carácter de su plasticidad, cantidad y tamaño máximo de las partículas gruesas, color del suelo húmedo, olor, nombre local y geológico y cualquier otra información descriptiva pertinente, de acuerdo con la aplicación que se vaya a hacer del material.

Respecto al suelo, su estado inalterado, deberá agregarse información relativa a su estructura, estratificación, consistencia de los estados inalterado y remoldeado, condiciones de humedad y características de drenaje.

3.5. ESTUDIO CANTERAS

Existen dos formas para detectar canteras, ya sea a través de métodos exploratorios comunes, desde la simple observación sobre el terreno, hasta el empleo de pozos a cielo abierto, posteadoras y máquinas perforadoras; o a través de estudios geofísicos, que en épocas recientes han alcanzado una gran potencialidad por ahorrar tiempo, esfuerzo humano y mucha exploración.

Asimismo se extraerá muestras de material granular (hormigón) y material fino (arcilla), los mismos que serán utilizados para obtener un material después de varias dosificaciones que cumpla con los requisitos mínimos, el cual será utilizado para la construcción de las capas (bases) del pavimento.

3.5.1. LOCALIZACIÓN DE CANTERAS EN LA ZONA

Se define como canteras, al afloramiento rocoso del que se extrae piedras, gravas, arenas, etc.; para ser utilizados como material de construcción. Estos yacimientos deberán cumplir ciertas exigencias, como la calidad y cantidad. La calidad se evalúa por medio de las características físicas y mecánicas de sus partículas, valiéndose en este caso del análisis granulométrico, y de los límites de plasticidad; para clasificarlo como excelente, bueno o malo material de construcción.

La cantidad se sustenta en la potencia del yacimiento, que permita y asegure el volumen necesario para ser utilizado en tal o cual obra.

Teniendo en cuenta la calidad y cantidad necesaria para la obra que se proyecte, es necesario elegir cuidadosamente las canteras que se encuentren en el medio, para que al final podamos evaluar y decidir la cantera que combinado en criterio técnico y económico, resulte el mejor.

Es necesario localizar las canteras de tal manera que:

- Tengan una distancia mínima de transporte del material a la obra, que permita aminorar los costos.
- Los materiales de cantera no requieren tratamiento especial para ser utilizados, salvo tamizados.
- Las canteras deben ser utilizadas de manera que su explotación no conlleve a problemas legales que perjudique a los habitantes de la región.

3.6. ESTUDIO HIDRAULICO

El sistema de drenaje es el aspecto más importante para el diseño y posterior construcción de un camino, tanto por el impacto ambiental que genera, el costo de construcción, el costo de mantenimiento y el de rehabilitación dentro de su período de vida útil.

El caso crítico se presenta cuando una estructura de drenaje no es capaz de evacuar toda la descarga de agua de lluvias mayormente o de cualquier otra procedencia; por ello, el agua se fuerza a discurrir por sobre la estructura, alrededor de ella, o se acumula. Frecuentemente esto provoca el daño o fracaso total de la estructura, socavación u otro daño local, para finalmente perjudicar notoriamente al pavimento instalado.

En esta sección se presenta el análisis hidrológico practicado a las estructuras de drenaje propuestas para efectos de lograr un adecuado control de la erosión a lo largo de la carretera, entre ellas alcantarillas y desviadores de agua o badenes.

3.6.1. DRENAJE SUPERFICIAL

La función de este tipo de drenaje consiste en controlar y disponer en las aguas que se precipitan directamente sobre el camino y las zonas adyacentes, incluyendo entre ellas las provenientes de los deshielos, obras de regadío y por inundación producida por la creciente de ríos y quebradas.

Este drenaje se efectúa en primer lugar a través del bombeo de la superficie de rodadura; éste hace que el agua corra transversalmente hacia las cunetas de base o zanjas de drenaje. Las cunetas como se sabe son paralelas al eje del camino y desembocan en los alcantarillados que son los que evacuan finalmente el agua del camino.

A) CAUDAL DE ESCORRENTÍA

Para el cálculo del caudal de escorrentía, existen varios métodos entre los cuales se mencionan:

A.1. MÉTODO RACIONAL

Uno de los métodos más comunes para calcular el escurrimiento en un área de drenaje es el método Racional. La gran aceptación que ha tenido se debe al hecho que combina juicios de ingeniería con cálculos hechos a partir de análisis, mediciones u otros cálculos. El método tiene como base la relación directa entre la lluvia, el escurrimiento y se expresa por la ecuación:

$$Q = C \times I \times A$$

Donde:

$$Q = \text{escurrimiento} \left(\frac{\text{pie}^3}{\text{seg}} \right)$$

C = Coeficiente que representa la relación del escurrimiento a la lluvia. Ver cuadro 3.2

I = Intensidad de lluvia (en pulgadas por hora) correspondiente al tiempo de concentración

A = área de drenaje en acres

TIPO DE ÁREA DE DRENAJE	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO "C"
Pavimentos bituminosos y de concreto	0.70 - 0.95
Superficies de grava o macadam	0.40 - 0.70
Suelo impermeable	0.40 - 0.60
Suelos Impermeables con césped *	0.30 - 0.55
Suelos ligeramente permeables *	0.15 - 0.40
Suelos permeables *	0.05 - 0.10
Aéreas boscosas	0.05 - 0.20

Cuadro 3.8: Coeficientes de escurrimiento "C"

En la vista de la exposición anterior acerca de las muchas variables involucradas en la relación lluvia-escurrimiento, son patentes de falla de este método. La aplicación del mismo deberá circunscribirse a áreas de drenaje relativamente pequeñas, hasta 200 acres (104 Has) conforme a la F.H.A. (Federal Highway Administration).

A.2. MÉTODO RACIONAL ARMCO

Este método es utilizado con resultados satisfactorios en drenaje de aeropuertos durante los últimos 35 años, plante la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{A \times I \times R}{36 f}$$

Donde:

Q = gasto de escurrimiento superficial

R = Precipitación (cm/hora)

I = Factor de escurrimiento superficial o impermeabilidad relativa

A = área drenada en hectáreas

PENDIENTES	FACTOR "f"
≤ 0.5 %	3.0
0.5 % a 1.0 %	2.5
≥ 1.0 %	2.0

Cuadro 3.9: Factor "f"

TIPO DE AREA DE DRENAJE	FACTOR DE ESCURRIMIENTO "i"
CALLES	
- Asfalto	0.70 - 0.95
- Concreto	0.80 - 0.95
- Adoquin	0.70 - 0.85
- Aceras y andadores	0.75 - 0.85
- Techos	0.75 - 0.95
Caminos	
- Pavimento de macadam	0.30 - 0.45
- Pavimento asfáltico	0.85 - 0.95
- Grava, textura abierta	0.40 - 0.60
- Tierra desnuda	0.02 - 0.80

Cuadro 3.10: Valores de "i"

3.6.2. DRENAJE SUBTERRÁNEO

Como se dijo anteriormente parte del agua de lluvia que cae sobre la corteza terrestre se evapora, otra escurre sobre ella y el resto se infiltra a las capas interiores.

Asimismo no toda el agua subterránea procede de la lluvia o infiltraciones, sino que también hay agua entrampada como residuo de antiguos lagos u océanos y también puede proceder de la condensación de vapores arrojados por actividad volcánica. El agua subterránea se encuentra entre las partículas de suelo o en cavidades, fracturas y fallos de las rocas; en ocasiones se encuentra formando lagos o corrientes subterráneas.

A) EFECTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA

El agua subterránea se mueve a través de las capas permeables formando corrientes o permanece estancada en pequeños reservorios formados de material impermeable. En una u otra forma es peligroso para la estabilidad del camino aún cuando se encuentre a cierta profundidad, ya que satura y ablanda los materiales circundantes y puede provocar deslizamientos, al actuar como lubricante en los planos de contacto entre las capas permeables e impermeables. Conviene dejar establecido que en el subsuelo se encuentra “Agua de Gravedad” o sea la que corre obedeciendo a dicha ley y que forma la napa de agua, única agua que puede drenarse, y el “Agua Capilar” que es la humedad que sube obedeciendo a las leyes de la capilaridad, y no puede drenarse. Esta distinción es fundamental para evitar la construcción de sub drenes costosos e inútiles. La humedad capilar puede elevarse a bastante altura sobre la napa freática dependiendo esto de la naturaleza de los suelos. Al hacer un pozo puede conocerse fácilmente si la humedad existente es capilar o de gravedad: en el primer caso el agua no emana de las paredes del pozo, sólo cambia el color del suelo a un tono más oscuro formándose la “Orla Capilar” en el segundo caso, el agua emana por su propio peso y en un plazo más o menos corto llega a llenar el pozo hasta determinado nivel del cual no sube, que es precisamente el nivel de la napa freática.

Ya se ha tratado sobre la humedad capilar, si los suelos que forman el terraplén y la subrasante son susceptibles de retener el agua de capilaridad, mientras no se les ponga un pavimento impermeable, tendrán oportunidad de evaporarla, pero en cuanto se coloque una superficie asfáltica o de concreto, se corta la evaporación y la

humedad capilar acumulada subirá hasta ella, haciendo que el cimiento del pavimento se vuelva inestable. Se plantea cortar la humedad capilar mediante la construcción de una sub base, pero, puede también controlarse el efecto de la humedad, bajando el nivel de la napa freática, levantando la rasante por rellenos o por último, empleando en la construcción el Método de PROCTOR ya descrito que hace más compactos los terraplenes.

Una forma muy eficiente de drenar el afirmado consiste en intercalar en las bermas, en los lugares en que se tema que pueda haber humedad, drenes y material granular incrustados en las bermas. Es también recomendable usar subdrenes en las partes bajas de las curvas verticales para evitar que el agua que tiende a acumularse en esa zona produzca efectos nocivos.

B) MÉTODOS PARA DRENAJE SUBTERRÁNEO

B.1) MÉTODOS PARA DRENAJE SUBTERRÁNEO POR ZANJAS ABIERTAS

Para hacer el drenaje subterráneo, frecuentemente se ha usado, en los caminos contruidos en zonas bajas, zanjas localizadas a unos cuantos metros fuera del mismo y paralelas a él. Estas zanjas son usualmente de 0,60 m en la base y de 0,90 m a 1,20 m de profundidad. Si se les hace suficientemente profundas pueden mantener el nivel freático bajo el nivel deseado. El uso de zanjas como drenaje debe decidirse con cuidado estudiando los materiales y la conservación de la misma durante los años que va a funcionar, además de no elegirlas en todas partes, pues cuando se usan cerca del camino son peligrosas para los vehículos que puedan salir del acotamiento, y además, son de mal aspecto. Así, que, para reducir el peligro, deben construirse lejos del camino y entonces se reduce su eficacia o se tienen que hacer muy profundas.

B.2) MÉTODOS PARA DRENAJE SUBTERRÁNEO DRENES CIEGOS

Los drenes ciegos son zanjas rellenas de piedra quebrada o grava. Estos drenes han sido muy empleados, y cuando se les ha construido en forma correcta, han dado resultados satisfactorios durante mucho tiempo.

Cuando se usan drenes ciegos paralelos al camino, la práctica común es la de colocar uno en cada lado del camino, precisamente bajo las cunetas.

Los drenes ciegos son de 0,45 m de ancho y de 0,60 a 0,90 m de profundidad.

Para que sean efectivos deben tener una pendiente uniforme e ir a desfogar a una salida adecuada. Estos drenes deben construirse en forma cuidadosa pues mal

construidos sólo agravan la situación ya que recogen y retienen el agua donde precisamente se desea eliminarla. Además, debe tenerse cuidado en graduar el material con que se rellena la zanja, ya que existe una marcada tendencia, en todos los aguaceros fuertes, a que las capas rellenas de piedra se inunden de agua cargada de lodo y que se azolven.

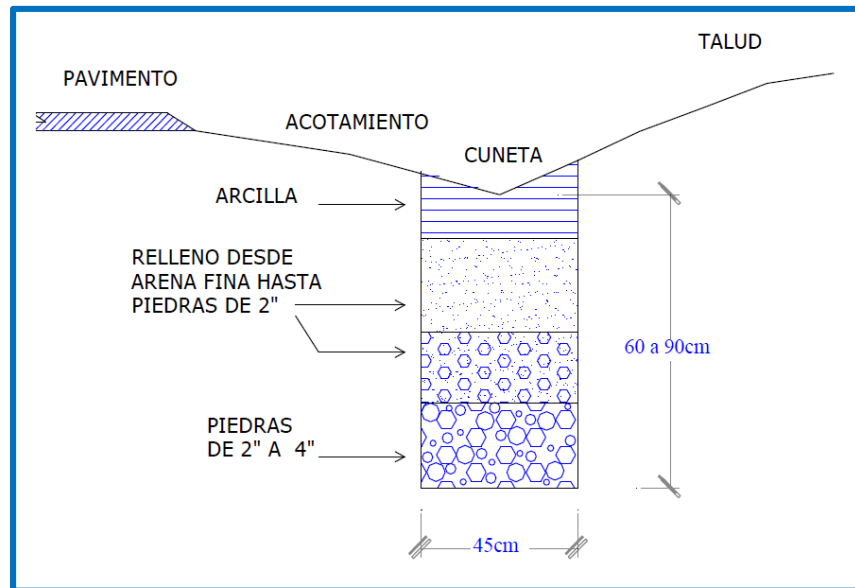


Gráfico 3.3. Esquema de un Dren Ciego

3.7. ESTUDIO DE PAVIMENTO

El pavimento está constituido, fundamentalmente por un elemento resistente (de cantera) que es piedra triturada y arena; y por un elemento ligante que puede ser cemento, cal, arcilla o un material bituminoso.

El objeto del pavimento es resistir los efectos de abrasión del tránsito y de las condiciones climatológicas de la zona en que la carretera atraviesa; de transmitir las cargas a la subrasante, lo hace de tal forma que ésta se reparte en una área cónica que es cada vez mayor a manera que se profundizan en el pavimento, hasta el límite que marca el bulbo de presiones, de tal manera que la subrasante puede recibir esfuerzos y deformaciones que los puedan asimilar perfectamente.

Para cumplir estas condiciones es necesario determinar tanto las capas como los espesores convenientes en el pavimento, ello se hará de acuerdo a las exigencias del diseño pero respetando los requisitos técnicos recomendados y procurando no exceder los límites económicos tolerables.

3.7.1. CLASIFICACIÓN DEL PAVIMENTO

POR LA FORMA QUE SE TRANSMITEN LAS CARGAS A LA SUBRASANTE

- Flexibles.
- Rígidos.
- Mixtos.

POR LOS MATERIALES QUE ESTÁN CONSTITUIDOS

- Suelos estabilizados.
- Pavimentos de concreto asfáltico.
- Pavimentos de concreto hidráulico.
- Pavimentos varios.

SEGÚN LA CALIDAD QUE TIENEN

- Tipo inferior o económico.
- Tipo intermedio.
- Tipo superior.
- Tipo de lujo.

3.7.1.1. PAVIMENTO FLEXIBLE

El pavimento de asfalto o pavimento flexible, es una estructura de varias capas, (subbase, base y capa asfáltica), que se construye con la finalidad de distribuir adecuadamente las cargas producidas por el tránsito y que no permitan el paso de infiltración de agua de lluvia, resistir a la acción devastadora de vehículos mediante el desprendimiento de las partículas del pavimento y dotar de una superficie de rodamiento adecuado.

Se entiende al pavimento como una estructura lisada en una superficie de rodamiento adecuado.

Para diseño estructural de pavimento flexible como necesita conocer la magnitud del tráfico (peso y frecuencia de los vehículos), el tipo de suelo, la resistencia del suelo, las características climatológicas de la zona y la calidad de los materiales disponibles para la construcción del pavimento.

Las subrasantes débiles y requieren bases flexibles de gran espesor para conservar las deflexiones causadas por las cargas, dentro de los límites seguros y prevenir la rotura del pavimento.

A) CLASIFICACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

A.1. CARPETA ASFÁLTICA EN FRÍO

Son pavimentos de calidad inferior a los pavimentos mezclados en caliente y se selecciona para carreteras y pavimentación de las zonas urbanas donde los volúmenes de tránsito son relativamente pequeños.

La carpeta asfáltica en frío es una mezcla de agregados y asfalto rebajado, se mezcla a la temperatura ambiente.

La mezcla en frío puede hacerse en plantas estacionarias o plantas móviles para ser aplicadas directamente sobre el camino.

A.2. CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE

Los pavimentos de carpeta asfáltica en caliente son seleccionados para pavimentos de más alta calidad, tales como caminos principales de tránsito pesado e intenso, este pavimento es considerado de más alto costo.

La carpeta asfáltica en caliente es conocida como de concreto asfáltico. Son mezclas elaboradas en peso en plantas estacionarias o plantas centrales, en donde los agregados y el material cementante seleccionado en cantidad y calidad son calentados a una temperatura de 150°C aproximadamente, mezclados en forma rigurosa y homogénea para luego ser colocados en el lugar aun estando en caliente.

Las mezclas elaboradas acarreadas al lugar de destino por medio de camiones de volteo y tendidas en el camino por medio de máquinas espaciadoras, las mismas que dan a la mezcla una ligera compactación para luego ser compactados por medio de equipos aplanadores.

A.3. CARPETA CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL

Este tipo de carpeta considerada en dos aplicaciones de material bituminoso y distribución de agregados sobre una base previamente vitaminada, la primera aplicación de asfalto líquido RC-250 a razón de 1.5 lt a 2 lt/ m. luego viene a distribución de agregados en graduación C entre 20 - 24 Kg/m. la segunda aplicación de asfalto líquido RC-250 será en proporción de 0.9 – 1.1 Lt/m y finalmente la distribución de agregados de graduación F entre 10 a 12 Kg/m.

Es recomendable para un tránsito inferior a 600 Veh. X día y por su ejecución está considerado entre los pavimentos de más bajo costo.

En la ejecución tanto en la primera como en la segunda capa se rastrea y se plancha con aplanadora liviana 5 a 8 toneladas de peso.

B) FUNCIONES Y CARACTERISTICAS DE LAS CAPAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE

B.1. CARPETA DE RODADURA

La carpeta debe proporcionar al pavimento flexible una superficie de rodamiento estable, capaz de resistir la ampliación directa de las cargas, la fricción de las llantas, los esfuerzos de drenaje, los producidos por las fuerzas centrífugas, los impactos; debe tener la textura necesaria para permitir un rodamiento seguro y cómodo.

Carpeta asfáltica sellante

Está formada por una aplicación bituminosa de asfalto y tiene por objeto sellar la superficie impermeabilizándola, a fin de evitar que el agua de lluvia se infiltre. Además protege la capa de rodamiento contra la acción abrasiva de las ruedas de los vehículos.

B.2. BASE

La base, la función fundamental de la base es estructural y consiste en proporcionar un elemento resistente a la acción de las cargas del tránsito y capaz de transmitir los esfuerzos resultantes con intensidades adecuadas.

La base tiene también una importante función drenante, según la que debe ser capaz de eliminar fácil y rápidamente el agua que llegue a infiltrarse a través de la carpeta, así como de impedir la ascensión capilar del agua que provenga de niveles inferiores.

Las características de un material de base suelen exigir que a los agregados pétreos o fragmentos rocosos con que ha de formarse, se les someta a verdaderos procesos de fabricación, entre los que es común la trituración; esta produce efectos favorables también en la resistencia y en la deformabilidad, da lugar a partículas de aristas vivas entre las que es importante el efecto de acomodo estructural.

El lavado es otra operación que muchas veces se especifica en los proyectos para ser realizada sobre los materiales provenientes de bancos con los que se construirá una base. Los efectos benéficos de esta operación son obvios, desde el momento en que se eliminan finos que afectarían desfavorablemente la

resistencia estructural del conjunto. Los finos son siempre indeseables en una base, pues afectan desfavorablemente la resistencia, aumentan la deformabilidad y perjudican la función drenante.

B.3. SUB BASE

La principal función de la sub base de un pavimento flexible, es de carácter económico. Se trata de formar el espesor requerido del pavimento con el material más barato posible. Cuanto menor sea la calidad del material colocado tendrá que ser mayor el espesor necesario para soportar y transmitir los esfuerzos.

Otra función de la subbase consiste en servir de transición entre el material de la base, generalmente granular grueso y el de la subrasante, que tiende a ser mucho más fino. La subbase actúa como filtro de la base e impide su incrustación en la subrasante.

La subbase también se coloca para absorber deformaciones perjudiciales en la subrasante; por ejemplo, cambios volumétricos asociados a cambios de humedad, que podrían llegar a reflejarse en la superficie del pavimento.

Básicamente conviene buscar dos cualidades principales en un material de subbase, que son la resistencia friccionante y la capacidad drenante.

La primera, beneficiar la resistencia friccionante del conjunto y, a la vez, garantiza el buen comportamiento en cuanto a deformabilidad, pues un material que posee esa calidad de resistencia será poco deformable a condición de estar bien compactado.

La segunda, que la capacidad drenante cumpla doble función de drenaje, es decir que permita al pavimento eliminar tanto el agua que se filtre por su superficie, como la que ascienda por capilaridad.

Los espesores de subbase son muy variables y dependen de cada proyecto específico, pero suele considerarse 12 o 15cm. como la dimensión mínima constructiva.

B.4. SUB RASANTE

Se define así al terreno de fundación de los pavimentos, pudiendo estar constituida por el suelo natural o estabilizado o por material de préstamo debidamente compactado para alcanzar el 95% de la máxima densidad seca obtenida mediante el ensayo de proctor modificado.

CARACTERÍSTICAS	TRÁNSITO LIVIANO		TRÁNSITO MEDIANO Y PESADO	
	Base	Sub Base	Base	Sub Base
CBR Mínimo	80	20	100	20
L.L. (máx)	25	25	25	25
I.P. (máx)	6	6	3	6
Equiv. De arena	30	25	50	25

Cuadro 3.11: Calidad del material a usar en el proyecto

C) MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE ESPESOR

Son muchos y muy diferentes los métodos que existen para proyectar el espesor de un pavimento. Sin embargo el problema es bastante complejo, porque requiere de una experiencia suficiente y sentido común por parte de quien lo aplica.

Los métodos existentes se fundan en consideraciones puramente teóricas. Otros son en parte teóricos, en parte empíricos y los hay otra serie de métodos absolutamente empíricos.

C.1. INDICE DE TRÁFICO

Es el tránsito diario probable durante el periodo de diseño, referido a una carga por eje sencillo de 25,000 kg (55,000 lb.), que se espera para la calzada de diseño.

Se calcula según la siguiente expresión:

$$IT = NCEP$$

Dónde:

N = Número total de vehículos pesados (pesos mayores de 20,000 lb)

C = Coeficiente de crecimiento medio en el periodo de análisis (proyecto para un periodo de 20 años).

E = Coeficiente de equivalencia de carga a ejes simples de 18,000 lbs.

P = 1% del porcentaje de vehículos que circulan por la vía más cargada.

C.1.1. RECOMENDACIÓN DE ESPESORES

- $IT < 10$: $e = 1$ " Tránsito Liviano
- $10 \leq IT \leq 100$: $e = 1.5$ " Tránsito Mediano
- $IT \geq 100$: $e = 2$ " Tránsito Pesado

C.2. INSTITUTO NORTEAMERICANO DEL ASFALTO.

Este método es el más usado en nuestro país por las entidades e ingenieros en obras viales. Es un método técnico-empírico basado en las investigaciones realizadas en la carretera del experimento vial AASHTO y desarrollo por el instituto de asfalto de los Estados Unidos de Norteamérica.

El sistema se fundamenta en un tránsito probable durante un periodo de 20 años referido a una carga por "eje sencillo" de 80KN (18,000 lb), que es la "carga por eje" legal en la mayoría de los estados de USA, considera además el módulo de Resiliencia ($M_r = 10.3$ CBR) en Mpa, la calidad de los materiales de base, Sub-base y carpeta asfáltica que se empleen y los procedimientos de construcción a seguirse.

Este método proporciona el espesor de la estructura del pavimento en función del tránsito que se prevé circular por la vía y de un parámetro que representa la resistencia y deformabilidad de la capa superior del terraplén.

C.3. MÉTODO AASHTO (VERSIÓN 1993)

La versión de la AASHTO 86 y 93 hacen modificaciones en su metodología aceptando los valores que aporte estructural por coeficiente de drenaje de las capas granulares los que reemplaza el factor regional utilizado en versiones anteriores, por otro lado se sigue utilizando en su mismo concepto el tráfico, índice de serviciabilidad y tipo de suelo de fundación (Módulo Resiliente).

La metodología AASHTO es bien aceptada a nivel mundial (ya que se basa en valiosa información experimental), el que determina un número estructural (NE), requerido por

el pavimento a fin de soportar el volumen de tránsito satisfactoriamente durante el periodo de vida del proyecto.

El diseño estructural considera los siguientes factores:

- $W18$ = Al número de aplicaciones de carga por eje simple equivalente a 1800 lb.
- M_r = Módulo Resiliente
- R = Confiabilidad
- S_o = Desviación estándar total
- P_i = Serviciabilidad Inicial
- P_t = Serviciabilidad final
- a_1 = Coeficiente estructural de Concreto Asfáltico
- a_2 = Coeficiente estructural de Base Granular
- a_3 = Coeficiente estructural de Sub Base Granular
- m_2 = Coeficiente de drenaje de la base Granular
- m_3 = Coeficiente de drenaje de la Sub base Granular

C.3.1. CARGA POR EJE SIMPLE EQUIVALENTE ($W18$)

El llamado ESAL (Equivalent Single Axle Load), es el número de aplicaciones de un eje simple de 18000 lb (80 KN).

El procedimiento para convertir un flujo de tráfico mixto de diferentes cargas y configuraciones por eje a un número de tráfico para el diseño, consiste en convertir cada carga por eje, en un número equivalente de cargas por eje simple de 18000 lb, multiplicando cada carga por eje por el factor de equivalencia de carga

C.3.2. MÓDULO RESILENTE (M_r)

Es una medida de las propiedades elásticas de los suelos (tanto del suelo de la subrasante como de los materiales de base y sub base), tomando en cuenta ciertas características no lineales se refiere al comportamiento Esfuerzo- deformación del material bajo condiciones normales de carga de pavimento.

El Módulo Resiliente puede ser utilizado directamente para el diseño de pavimentos flexibles, pero debe ser convertido a un módulo de reacción de la subrasante (valor k), para el diseño de pavimento rígidos o compuestos el módulo Resiliente fue seleccionado para reemplazar el valor soporte del suelo utilizado anteriormente.

En vista de que muchos países, como en el caso de Perú no cuenta con el equipamiento para llevar a cabo ensayos para determinar el módulo Resiliente, se han reportado factores apropiados que pueden ser usados en la estimación de Mr. a partir de los ensayos del CBR (California Bearing Ratio). La expresión utilizada para convertir CBR a Mr., para el suelo de fundación es:

$$Mr \text{ (psi)} = 1500 \text{ CBR}$$

Según la guía AASHTO (American Association of State Highway and Transportation officials) para el diseño de estructuras de pavimentos, 1993 la expresión anteriormente solamente es aplicada en el caso de sub rasantes.

Para el caso de los materiales granulares no ligados, utilizados en base y sub base se usa otras correlaciones e incluso otras notaciones:

- E_{SB} = Módulo de sub base
- E_{BS} = Módulo de base

σ (psi)	Mr (psi)
100	740 x CBR
30	440 x CBR
20	340 x CBR
10	250 x CBR

Cuadro 3.12: Módulo Resiliente para diferentes σ .

Donde σ es la suma de los esfuerzos principales.

La resistencia de la base o sub base granulares, están correlacionadas al estado de los esfuerzos principales que ocurrirán bajo condiciones de operación. La suma de los esfuerzos principales es una medida del estado de los esfuerzos, el cual es una función del espesor del pavimento, la carga y el módulo Resiliente de cada capa, dado que la información de los esfuerzos no está disponibles se puede utilizar los estimados valores de σ a partir de la siguiente tabla . Que está en función del espesor del concreto asfáltico y del Módulo Resiliente de la su rasante.

ESPESOR DE CONCRETO ASFÁLTICO (pulg)	MÓDULO RESILIENTE DEL SUELO DE SUB RASANTE (psi)		
	3000	7500	15000
Menos de 2	20	25	30
02-abr	10	15	20
04-jun	5	10	15
Mayor de 6	5	5	5

Cuadro 3.13: Valores de Θ

C.3.3. CONFIABILIDAD (R)

La Confiabilidad “R”, es la probabilidad expresada como porcentaje que el pavimento proyectado soporte el tráfico previsto .Se trata pues de llegar a cierto grado de certeza en el método de diseño, para asegurar que las diversas alternativas de la sección estructural que se obtengan, durarán como mínimo el período de diseño.

El actual método AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles, recomienda valores desde 50 y hasta 99.9 % con diferentes clasificaciones funcionales, notándose que los niveles más altos corresponden a vías importantes y de mayor volumen vehicular.

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	NIVEL DE CONFIABILIDAD RECOMENDADO	
	URBANO	RURAL
Interestatales y otras autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales o vecinales	50-80	50-80

Cuadro 3.14: Niveles De Confiabilidad R (%) Según Las Clases De Vías.

C.3.4. DESVIACIÓN ESTÁNDAR TOTAL (So)

Considera las posibilidades de variaciones en el tráfico previsto y la variación en el comportamiento previsto del pavimento para un EAL dado, la desviación estándar total así como la confiabilidad deberán tenerse en cuenta para el efecto combinado de la variación en todas las variables de diseño.

Los criterios que se toman en cuenta para la selección de la desviación estándar total son:

- La desviación estándar estimada para el caso donde la variancia del tráfico futuro proyectado es considerada como 0.39 para pavimentos rígido y 0.49 para pavimento flexible.
- La desviación estándar total estimada para el caso de la variancia del tráfico futuro es considerada 0.34 para pavimento rígido y 0.44 para pavimento flexibles.
- En general el rango de So se puede considerar entre:
 - ✓ 0.30 - 0.40 pavimentos rígidos
 - ✓ 0.40 - 0.50 pavimentos flexibles

C.3.5. INDICE DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO

Se debe elegir un nivel de servicio inicial y terminal para el diseño del pavimento.

El nivel de servicio inicial P_o es una estimación inmediatamente después de terminada la construcción (generalmente 4.2 para pavimento flexible y 4.5 para pavimentos rígidos).

El nivel de servicio terminal p_t es el nivel aceptable más bajo antes de que sea necesario de pavimentar el pavimento (para vías importantes se recomienda 2.5-3.0 y 2.0 para las vías de bajo volumen).

El cambio en la calidad de servicio, se puede calcular como:

$$\Delta PSI = p_o - p_i$$

- ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y terminal
- p_o = Índice de servicio inicial (4.5 para pavimentos rígidos y 4.2 para pavimentos flexibles)
- p_i = Índice de servicio terminal

Se hace notar que aún en la versión actual, AASHTO no ha modificado la escala del índice de servicio original de 0 a 5 para caminos intransitables hasta carreteras perfectas, respectivamente.

C.3.6. COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LA CAPA “a”

Se asigna un valor de este coeficiente a cada capa del material en la estructura del pavimento con el objeto de convertir los espesores y capa en el NE. Estos coeficientes de cada capa expresan una relación empírica entre el NE y el espesor y es una medida de la habilidad relativa del material para funcionar como un componente estructural del pavimento.

La forma de estimar estos coeficientes se separa en 5 categorías dependiendo del tipo y la función del material de cada capa estos son:

- Concreto Asfáltico (CA)
- Base Granular (BG)
- Sub Base Granular (SBG)
- Base tratada con Cemento (BTC)
- Base Tratada con Asfalto (BTA)

El coeficiente de cada capa de la base granular (a_2) se obtiene con la siguiente relación:

$$a_2 = 0.249 \times \log (E_{BS}) - 0.977$$

Dónde: E_{BS} : módulo Resiliente de la base

Para la obtención del coeficiente estructural de la capa de la sub base granular se emplea la siguiente relación:

$$a_3 = 0.227 \times \log (E_{SB}) - 0.839$$

Dónde: E_{SB} : módulo Resiliente de la sub base.

C.3.7. COEFICIENTE DE DRENAJE (m_i)

El drenaje es tratado considerando el efecto del agua sobre las propiedades de las capas del pavimento y sus consecuencias sobre la capacidad estructural del mismo. Para el diseño el efecto del drenaje es considerado modificando el coeficiente de la capa estructural en función de:

- La calidad del drenaje (el tiempo requerido por el pavimento para drenar)
- El porcentaje de tiempo que la estructura del pavimento estará expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación.

Las siguientes tablas, se utilizan para seleccionar los coeficientes de drenaje para las capas de Base y Sub Base no tratadas

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO DE REMOCIÓN DEL AGUA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
malo	Agua no tratada

Cuadro 3.15: Coeficientes de drenaje

CALIDAD DEL DRENAJE	% DEL TIEMPO EN QUE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTA A NIVELES CERCANOS A LA SATURACIÓN			
	Menor a 1%	1 – 5 %	5 – 25 %	Mayor a 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.2
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.8
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.6
malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.4

Cuadro 3.16: Porcentaje de exposición a la saturación del pavimento

Para seleccionar un valor mínimo de capas de concreto asfáltico, base o sub base AASHTO recomienda la Tabla de espesores mínimos.

TRÁFICO ESALS	CONCRETO ASFÁLTICO	BASE DE AGREGADOS
MENOS DE 50,000	1.0 (ó tratamiento superficial)	4
50,001-150,000	2	4
150,000-500,000	2.5	4
500,001-2'000,000	3	6
2'000,000-7'000,000	3.5	6
MAYOR QUE 7'000,000	4	6

Cuadro 3.17: Espesores mínimos para selección de capas de concreto

D) CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL PAVIMENTO

- **Características del Suelo de Subrasante:** Especialmente aquellas que definen la resistencia a la deformación ante la presencia de las cargas.
- **Condiciones Climatológicas en la zona:** El efecto que provoca mayor perjuicio en los pavimentos es la precipitación pluvial ya sea por su acción directa o por medio de agua del nivel freático.
- **Posibilidad de Construcción:** Se analizan los problemas que pudieron presentarse para la construcción así como la posibilidad de utilizar materiales existentes en la zona.
- **Período de vida útil:** O tiempo que se considera que debe prestar servicio a los usuarios en buenas condiciones.
- **Costos de Mantenimiento y Rehabilitación:** Puntos importantes para asegurar el buen funcionamiento del pavimento durante su vida útil.
- **Volumen de Tránsito Promedio Diario:** Según este criterio se recomienda lo que a continuación se describe en el siguiente cuadro.

VOLUMEN DE TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO	TIPO DE PAVIMENTO
Menos de 400 vehículos/día	Económico
De 400 a 1000 vehículos/día	De costo Intermedio
Más de 1000 vehículos/día	De alto costo

Cuadro 3.18: Tipo de pavimento recomendado.

Donde:

✓ **Pavimento Económico**

Formado por suelos naturales o estabilizados por adición de factores mecánicos o químicos. También están comprendidos los tratamientos asfálticos superficiales que pueden ser: simples, dobles o triples, según el número de riesgos.

✓ **Pavimento de Costo Intermedio**

Conformado por los pavimentos flexibles con carpeta de mezcla asfáltica en frío o de macadán asfáltico.

✓ **Pavimento de Alto Costo**

Constituido por pavimento flexible con carpeta de concreto asfáltico (dosificado por peso en planta y empleando cemento asfáltico y agregados calientes) o pavimento rígido.

3.8. SEÑALIZACIÓN

Se denominan Dispositivos para el Control del Tránsito, a las señales, marcas, semáforos y cualquier otro dispositivo que se coloca sobre o adyacentes a las carreteras, con el objetivo de prevenir, regular y guiar a los usuarios de las mismas.

El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, mediante Resolución Ministerial R.M. N° 210-2000 MTC/15.12 del 03 de Mayo del 2000, aprobó el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en calles y carreteras, de acuerdo con el Manual Interamericano, que reemplaza al Manual de Señalización de 1966 y a cualquier otro manual en uso, con la finalidad de definir el diseño y utilización de los dispositivos de control del tránsito (señales, marcas en el pavimento, semáforos y dispositivos auxiliares), destinados a obtener la necesaria e imprescindible uniformidad de ellos en el país, contribuyendo al mejoramiento en el control y ordenamiento de tránsito en calles y caminos del Perú.

3.8.1. FUNCION DE LAS SEÑALES DE TRÁNSITO

Es la de controlar la operación de los vehículos en una vía proporcionando el ordenamiento del flujo del tránsito e informando a los conductores de todo lo que se relaciona con el camino que recorren.

3.8.2. CLASIFICACIÓN DE LAS SEÑALES DE TRÁNSITO

- Señales Reguladoras o de Reglamentación.
- Señales Preventivas.
- Señales de Información.

3.8.2.1. SEÑALES REGULADORAS O DE REGLAMENTACIÓN

Las señales de reglamentación tienen por objeto indicar a los usuarios las limitaciones o restricciones que gobiernan el uso de la vía y cuyo incumplimiento constituye una violación al reglamento de la circulación vehicular.

A) FORMA

a) Señales relativas al derecho de paso:

- Señal de “PARE” (R-1) de forma octogonal.
- Señal de “CEDA EL PASO” (R-2) de forma triangular (Equilátero) con el vértice en la parte inferior.

- b) Señales prohibitivas o restrictivas de forma circular pudiendo llevar aparte una placa adicional rectangular con la leyenda explicativa del mensaje que encierra la simbología utilizada.
- c) Señales de sentido de circulación de forma rectangular y con su mayor dimensión horizontal (R-14).

B) COLORES

- a) Señales relativas al derecho de paso:
 - Señal PARE (R-1) de color rojo, letras y marco blanco.
 - Señal CEDA EL PASO (R-2) de color blanco con franja perimetral roja.
- b) Señales prohibitivas o restrictivas, de color blanco con símbolo y marco negro; el círculo de color rojo, así como la franja oblicua trazada del cuadrante superior izquierdo al cuadrante inferior derecho que representa prohibición.
- c) Señales de sentido de circulación, de color negro con flecha blanca. En caso de utilizarse la leyenda llevará letras negras. Las tonalidades corresponderán a lo prescrito en el manual

D) DIMENSIONES

- Señal de PARE (R-1): octágono de 0,75m x 0,75m
- Señal de CEDA EL PASO (R-2): triángulo equilátero de lado 0,90m
- Señales prohibitivas: círculo de diámetro 0,60m, cuadrado de 0,60m de lado, placa adicional de 0,60m x 0,40m.

Las dimensiones de los símbolos estarán de acuerdo al diseño de cada una de las señales de reglamentación mostradas en el manual en mención.

La prohibición se indicará con la diagonal que forma 45° con la vertical y su ancho será igual al ancho del círculo.

E) UBICACION

Deberán colocarse a la derecha en el sentido del tránsito, en ángulo recto con el eje del camino, en el lugar donde exista la prohibición o restricción.

F) RELACION DE SEÑALES RESTRICTIVAS O DE REGLAMENTO

Se muestran algunas señales que serán empleadas en el proyecto.

- **(R-1) Señal de pare**

Se usará exclusivamente para indicar a los conductores que deberán efectuar la detención de su vehículo.

Se colocará donde los vehículos deban detenerse a una distancia del borde más cercano de la vía interceptada no menor de 2m; generalmente se complementa esta señal con las marcas en el pavimento correspondiente a la línea de parada, cruce de peatones.

- **(R-2) Señal de ceda el paso**

Se usará para indicar al conductor que ingresa a una vía preferencial, ceder el paso a los vehículos que circulan por dicha vía. Se usa para los casos de convergencia de los sentidos de circulación no así para los de cruce.

De forma triangular con su vértice hacia abajo de color blanco con marco rojo.

Deberá colocarse en el punto inmediatamente próximo, donde el conductor deba disminuir o detener su marcha para ceder el paso a los vehículos que circulan por la vía a la que está ingresando.

- **(R-12) Señal prohibido cambiar de carril**

De forma y colores correspondientes a las señales prohibitivas. Se utiliza para indicar al conductor que no debe cambiar de carril por donde circula y se colocará al comienzo de la zona de prohibición.

- **(R-15) Señal mantenga su derecha**

De forma y colores correspondientes a las señales prohibitivas o restrictivas. Se empleará esta señal para indicar la posición que debe ocupar el vehículo en ciertos tramos de la vía, en que por existir determinadas condiciones se requiere que los vehículos transiten manteniendo rigurosamente su derecha. Se usará también en las zonas donde exista la tendencia del conductor a no conservar su derecha.

- **(R-16) Señal de prohibido adelantar**

De forma y colores correspondientes a las señales prohibitivas. Se utilizará para indicar al conductor la prohibición de adelantar a otro vehículo, motivado generalmente por limitación de visibilidad. Se colocará al comienzo de las zonas de limitación.

- **(R-30) Señal de velocidad máxima**

De forma y colores correspondientes a las señales prohibitivas o restrictivas. Se utilizará para indicar la velocidad máxima permitida a la cual podrán circular los vehículos. Se emplea generalmente para recordar al usuario del valor de la velocidad reglamentaria y cuando, por razones de las características geométricas de la vía o aproximación a determinadas zonas (urbana, colegios), debe restringirse la velocidad.

- **(R-32) Señal peso máximo**

De forma y colores correspondientes a las señales prohibitivas. Se utilizará para informar al usuario el peso máximo permitido por vehículo expresado en toneladas métricas. Se colocara en los tramos de la vía donde sea necesario conocer el peso total máximo que puede soportar la infraestructura de la vía. En el círculo se indicará el valor correspondiente.

- **(R-36) Señal ancho máximo permitido**

De forma y colores correspondientes a las señales prohibitivas o restrictivas. Se utilizará para indicar el ancho máximo permitido a los vehículos en circulación. Se colocará en aquellos tramos de las vías que por sus características geométricas no permiten la circulación de vehículos con ancho mayor al indicado.

3.8.2.2. SEÑALES PREVENTIVAS

Las señales preventivas son aquellas que se utilizan para indicar con anticipación la aproximación de ciertas condiciones de la vía o concurrentes a ella que implican un peligro real o potencial que puede ser evitado tomando ciertas precauciones necesarias.

A) FORMA

Serán de forma cuadrada con uno de sus vértices hacia abajo formando un rombo, a excepción de las señales escolares que serán de forma pentagonal; las señales especiales de “ZONA DE NO ADELANTAR” que serán de forma triangular tipo banderola horizontal, las de indicación de curva “CHEVRON”, que serán de forma rectangular y las de “PASO A NIVEL DE LÍNEA FÉRREA” (Cruz de San Andrés) que será de diseño especial.

B) COLORES

- Fondo y borde: Amarillo caminero
- Símbolos, letras y marco: Negro

D) DIMENSIONES

Las dimensiones de las señales preventivas deberán ser tales que el mensaje transmitido sea fácilmente comprendido y visible, variando su tamaño de acuerdo a lo siguiente:

- Carreteras, avenidas y calles: 0,60m x 0,60m
- Autopistas, Caminos de alta velocidad: 0,75m x 0,75m

En casos excepcionales y cuando se estime necesario llamar preferentemente la atención como consecuencia de alto índice de accidentes, se utilizará señales de 0,90m x 0,90m.

E) UBICACION

Deberán colocarse a una distancia del lugar que se desea prevenir, de modo tal que permitan al conductor tener tiempo suficiente para disminuir su velocidad; la distancia será determinada de tal manera que asegure su mayor eficacia tanto de día como de noche, teniendo en cuenta las condiciones propias de la vía.

Se ubicarán a la derecha en ángulo recto frente al sentido de circulación.

En general las distancias recomendadas son:

- En zona urbana 60 m - 75 m
- En zona rural 90 m - 180 m
- En autopista 300 m - 500 m

F) RELACION DE SEÑALES PREVENTIVAS

Se mencionan las que se serán aplicadas en este proyecto:

- **(P-1 A) Señal curva pronunciada a la derecha**

- **(P-1B) A la izquierda**

Se usará para prevenir la presencia de curvas de radio menor de 40m y para aquellas de 40 a 80m de radio cuyo ángulo de deflexión sea mayor de 45°.

- **(P-2A) Señal curva a la derecha, (p-2b) a la izquierda**

Se usará para prevenir la presencia de curvas de radio de 40 m a 300 m con ángulo de deflexión menor de 45° y para aquellas de radio entre 80 y 300 m cuyo ángulo de deflexión sea mayor de 45°.

- **(P-3A) Señal curva y contra curva pronunciadas a la derecha, (p-3b) a la izquierda**

Se emplearán para indicar la presencia de dos curvas de sentido contrario, separadas por una tangente menor de 60 m, y cuyas características geométricas son las indicadas en las señales de curva para el uso de la señal (P-I).

- **(P-4A) Señal de curva y contra curva a la derecha, (p-4b) a la izquierda**

Se empleará para indicar la presencia de dos curvas de sentido contrario, con radios inferiores a 300 m y superiores a 80 m, separados por una tangente menor de 60m.

- **(P-5A) Señal camino sinuoso a la derecha (p-5b) a la izquierda**

Se empleará para indicar una sucesión de tres o más curvas, evitando la repetición frecuente de señales de curva. Por lo general, se deberá utilizar la señal (R-30) de velocidad máxima, para indicar complementariamente la restricción de la velocidad.

- **Señales de cruce**

Las señales de "Cruce" se utilizan para advertir a los conductores de la proximidad de un cruce, empalme o bifurcación; dichas señales se utilizarán en carreteras, en zonas rurales y, en casos excepcionales, en la zona urbana.

Los símbolos indican claramente las características geométricas de la intersección, empalme o bifurcación, utilizándose un trazo más grueso para indicar la vía preferencial.

Estas señales deberán ser utilizadas en todas las vías interceptantes o concurrentes con el fin de advertir a los conductores que transitan por ellas, de las condiciones del cruce, empalme o bifurcación a encontrar.

- **(P-8) Señal bifurcación en “y”**

Se utilizarán para indicar la proximidad de una bifurcación en “Y”.

- **(P-14A) Señal de intersección en ángulo agudo con vía lateral secundaria derecha**

Se utilizará para prevenir al conductor de la existencia de una intersección en ángulo agudo con vía lateral secundaria. Se colocará a una distancia de 100 m a 200 m de la intersección.

- **(P-14B) Intersección en ángulo agudo con vía lateral secundaria izquierda**

Se utilizará para prevenir al conductor de la existencia de una intersección en ángulo agudo con vía lateral secundaria. Se colocará a una distancia de 100 m a 200 m de la intersección.

- **(P-48) Señal cruce de peatones**

Se utilizará para advertir la proximidad de cruces peatonales. Los cruces peatonales se delimitarán mediante marcas en el pavimento.

- **(P-49) Zona escolar**

Se utilizará para indicar la proximidad de una zona escolar. Se empleará para advertir la proximidad de un cruce escolar.

- **(P-51) Señal paso de maquinaria agrícola**

Esta señal se utilizará para advertir la proximidad, en una carretera, de una zona de cruce o tránsito eventual de este tipo de vehículos.

- **(P-53) Señal cuidado animales en la vía**

Se utilizará para advertir la proximidad de zonas donde el conductor pueda encontrar animales en la vía.

- **(P-56) Señal zona urbana**

Se utilizará para advertir al conductor de la proximidad de un poblado con el objeto de adoptar las debidas precauciones.

Se colocará a una distancia de 200 m a 300 m antes del comienzo del centro poblado, debiéndose complementar con la señal R-30 de la Velocidad máxima que establezca el valor que corresponde al paso por el centro poblacional.

- **(P-59) Aproximación a señal ceda el paso**

Se utilizará ante la proximidad de una señal Ceda el Paso, la cual no es visible a la distancia suficiente para permitir al conductor detener su vehículo en la señal apropiada.

- **(P-61) Señal chevron**

Se utilizará como auxiliar en la delineación de curvas pronunciadas, colocándose solas o detrás de las guardavías.

3.8.2.3. SEÑALES DE INFORMACIÓN

Las señales de información tienen como fin el de guiar al conductor de un vehículo a través de una determinada ruta, dirigiéndolo al lugar de su destino. Tienen también por objeto identificar puntos notables tales como: ciudades, ríos, lugares históricos, etc. y dar información que ayude a emplearla en el uso de la vía.

Las señales de información se agrupan de la siguiente manera:

a) Señales de Dirección

- Señales de destino
- Señales de destino con indicación de distancia
- Señales de indicación de distancia

b) Señales Indicadoras de Ruta

c) Señales de Información General

- Señales de información
- Señales de servicios auxiliares

Las Señales de Dirección tienen por objeto guiar a los conductores hacia su destino o puntos intermedios.

Los Indicadores de Ruta, sirven para mostrar el número de ruta de las carreteras, facilitando a los conductores la identificación de ellas durante su itinerario de viaje.

Las Señales de Información General, se utilizan para indicar al usuario la ubicación de lugares interés general así como los principales servicios públicos conexos con las carreteras (Servicios Auxiliares).

A) FORMA

La forma de las señales informativas será la siguiente:

- Las Señales de Dirección y Señales de Información General, a excepción de las señales auxiliares, serán de forma rectangular con su mayor dimensión horizontal.
- Las Señales Indicadores de Ruta serán de forma especial, tal como lo indica el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para calles y carreteras.
- Las Señales de Servicios Auxiliares serán rectangulares con su mayor dimensión vertical, se utilizarán placas de dimensiones mínimas de 0,60 x 0,45 m. en el área urbana y de 0,90 x 0,60 m en el área rural.

B) COLORES

- Señales de Dirección. En las autopistas y carreteras importantes, en el área rural, el fondo será de color verde, con letras, flechas y marco blanco. En las carreteras secundarias, la señal tendrá fondo blanco con letras y flechas negras. En las autopistas y avenidas importantes en el área urbana, el fondo será de color azul con letras, flechas y marco blanco, esto con el objeto de diferenciar las carreteras del área urbana.
- Señales Indicadores de Ruta.- Similar a las Señales de Dirección.
- Señales de Información General: Similar a las señales de Dirección a excepción de las señales de Servicios Auxiliares.
- Señales de Servicios Auxiliares: Serán de fondo azul con recuadro blanco, símbolo negro y letras blancas. La señal de Primeros Auxilios Médicos

llevará el símbolo correspondiente a una cruz de color rojo sobre fondo blanco.

D) DIMENSIONES

- Señales de Dirección y Señales de Dirección con Indicación de Distancia: El tamaño de la señal dependerá, principalmente, de la longitud del mensaje, altura y serie de las letras utilizadas para obtener una adecuada legibilidad.
- Señales Indicadoras de Ruta: De dimensiones especiales de acuerdo al diseño mostrado en el manual mencionado anteriormente.
- Señales de Información General: Serán de 0,80 x 1,20 m en autopista y carreteras principales, en las demás serán de 0,60 x 0,90 m. En lo concerniente a las Señales de Servicios Auxiliares, ellas serán de 0,60 x 0,45 m, en el área urbana y 0,90 x 0,60 m, en área rural.

E) NORMAS DE DISEÑO

En lo concerniente a las señales de Dirección e Información General se seguirán las siguientes normas de diseño:

- El borde y el marco de la señal tendrá un ancho mínimo de 1 cm y máximo de 2 cm.
- Las esquinas de las placas de las señales se redondearán con un radio de curvatura de 2 cm como mínimo y 6 cm como máximo, de acuerdo al tamaño de la señal.
- La distancia de la línea interior del marco a los límites superior e inferior de los renglones inmediatos será de 1/2 a 3/4 de la altura de las letras mayúsculas.
- La distancia entre renglones será de 1/2 a 3/4 de la altura de las letras mayúsculas.
- La distancia de la línea interior del marco a la primera o la última letra del renglón más largo variará entre 1/2 a 1 de la altura de las letras mayúsculas.
- La distancia entre palabras variará entre 0,5 a 1,0 de la altura de las letras mayúsculas.
- Cuando haya flechas, la distancia mínima entre palabra y flecha será igual a la altura de las letras mayúsculas.

- Cuando haya flecha y escudo, la distancia entre la flecha y el escudo será de 1/2 la altura de las letras mayúsculas.
- Las letras a utilizarse sean mayúsculas o minúsculas serán diseñadas de acuerdo al alfabeto modelo que se muestran en el manual de Normas de Tránsito (anexo), asimismo las distancias entre letras deberán cumplir con lo indicado en el mencionado alfabeto modelo.
- El diseño de la flecha será el mismo para las tres posiciones: vertical, horizontal y diagonal. Su longitud será 1,5 veces la altura de la letra mayúscula, la distancia de la línea interior del marco a la flecha será de 0,5 -1,0 veces la altura de las letras mayúsculas.
- El orden en que se colocarán los puntos de destino será el siguiente: primero el de dirección recta; segundo el de dirección izquierda y el tercero en dirección derecha.
- Cuando la señal tenga dos renglones con flecha vertical, se podrá usar una flecha para las dos regiones, con una altura equivalente a la suma de las alturas de la letra más el espacio de los renglones.
- Para dos renglones con flechas en posición diagonal se podrá usar una sola flecha de longitud equivalente a la suma de las alturas de las letras más el espacio entre renglones ya aumentada en una cuarta parte de la suma anterior.
- Las señales informativas de dirección deben limitarse a tres renglones de leyendas; en el caso de señales elevadas sólo dos.
- En las autopistas, la altura de las letras será como mínimo de 0,30 m, si son mayúsculas y de 0,20 m, si son minúsculas. En las avenidas y demás carreteras la altura de la letra será como mínimo, 0,15 m, las mayúsculas y 0,10 m, las minúsculas.

F) UBICACION

Las señales de Información por regla general deberán colocarse en el lado derecho de la carretera o avenida para que los conductores puedan ubicarla en forma oportuna y condiciones propias de la autopista, carretera, avenida o calle, dependiendo asimismo, de la velocidad, alineamiento, visibilidad y condiciones de la vía, ubicándose de acuerdo al resultado de los estudios respectivos.

Bajo algunas circunstancias, las señales podrán ser colocadas sobre las islas de canalización o sobre el lado izquierdo de la carretera. Los requerimientos operacionales en las carreteras o avenidas hacen necesaria la instalación de señales elevadas en diversas localizaciones. Los factores que justifican a colocación de señales elevadas son los siguientes:

- Alto volumen de tránsito.
- Diseño de intercambios viales.
- Tres o más carriles en cada dirección.
- Restrictiva visión de distancia.
- Desvíos muy cercanos.
- Salidas Multicarril.
- Alto porcentaje de camiones.
- Alta iluminación en el medio ambiente.
- Tránsito de alta velocidad.
- Consistencia en los mensajes de las señales durante una serie de intercambios.
- Insuficiente espacio para colocar señales laterales.

G) RELACION DE SEÑALES INFORMATIVAS

A continuación se presenta la relación de las señales informativas consideradas como más importantes.

Indicadores de Ruta:

Las señales indicadores de ruta de acuerdo a la clasificación vial son:

- Indicador de Carretera del Sistema Interamericano.
- Indicador de Ruta Carretera Sistema Nacional.
- Indicador de Ruta Carreteras Departamentales.
- Indicador de Ruta Carreteras Vecinales.

Las señales indicadoras de ruta se complementan con señales auxiliares que indican dirección de las rutas, así como la intersección con otra u otras rutas; dichas señales auxiliares pueden ser de advertencia o de posición:

- **(1-4) Indicador de ruta carreteras vecinales**

Para utilizarse en los caminos vecinales será de forma cuadrada de 0,40m x 0,40m, de color negro dentro del cual se inscribirá un círculo de color blanco de 0,35m de diámetro con números negros correspondientes al número de ruta de la carretera que se está recorriendo.

- **(1-5) Señales de destino**

Se utilizarán antes de una intersección a fin de guiar al usuario en el itinerario a seguir para llegar a su destino. Sus dimensiones variarán de acuerdo al mensaje a transmitir. Llevarán, junto al nombre del lugar, una flecha que indique la dirección a seguir para llegar a él.

En las carreteras se ubicarán a no menos de 60m ni a más de 100m de la intersección y a continuación de las señales preventivas de intersección, así como de aquellas correspondientes a los indicadores de ruta.

- **(1-6) Señales de destino con indicación de distancias**

Se usarán en las carreteras, antes de una intersección para indicar al usuario la dirección que debe seguir para llegar a una población o puntos determinados informando a la vez la distancia a que se encuentra el destino mostrado. Los números que expresan la distancia en kilómetros que hay entre la señal y la población o lugar de destino, deberán colocarse siempre a la derecha del nombre de la población o lugar de destino.

- **(1-7) Señales con indicación de distancias**

Se utilizarán en las carreteras para indicar al usuario las distancias a las que se encuentran poblaciones o lugares de destino, a partir del punto donde está localizada la señal. Se colocará la parte superior de la señal, el nombre y la distancia respectiva de la población inmediata próxima a la señal y en la parte inferior, el nombre y distancia de la población en que la mayoría del tránsito está dirigido, no debiendo colocarse más de cuatro líneas. Se ubicarán a las salidas de las poblaciones a una distancia no mayor de un kilómetro y, en áreas rurales, a intervalos no mayores de 30 Km.

- **(1-8) Poste de kilometraje**

Se utilizarán para indicar la distancia al punto de origen de la vía para establecer el origen de cada carretera se sujetará a la reglamentación respectiva, elaborada por la Dirección General de Caminos.

Los postes de kilometraje serán colocados a intervalos de 5 Km. A la derecha y en el sentido del tránsito que circula, desde el origen de la carretera hacia el término de ella.

En algunas carreteras, la Dirección General de Caminos podrá considerar innecesaria la colocación de postes de kilometraje.

Especificaciones:

- ✓ Concreto: 140 Kg/cm².
- ✓ Armadura: 3 fierros de 3/8" con estribos de alambre N° 8 a @0.20m. Longitud de 1,20 m.
- ✓ Inscripción: En bajo relieve de 12 mm de profundidad.
- ✓ Pintura: Los postes serán pintados en blanco con bandas negras de acuerdo al diseño, con tres manos de pintura al óleo.
- ✓ Cimentación: 0,50 x 0,50 de concreto ciclópeo.

- **Señales de localización**

Servirán para indicar poblaciones o lugares de interés tales como: ríos, poblaciones, etc. Serán de forma rectangular con su mayor dimensión horizontal. La mínima dimensión correspondiente al rectángulo de la señal será 0,50 m.

- **Señales de servicios auxiliares**

Son utilizadas para informar al usuario sobre los diferentes servicios con que cuentan las autopistas y carreteras dentro del derecho de uso de la vía.

Serán rectangulares con su mayor dimensión vertical y las dimensiones mínimas serán 0,60 m x 0,45m.

Serán de color azul, su símbolo negro sobre cuadrado blanco y con leyenda de la distancia y la flecha direccional en la parte interior (si la hubiere) de color blanco.

- **Señal “Primeros Auxilios” (1-28)**

Tendrá el símbolo representado por una cruz de color rojo. Las señales de Servicios Auxiliares deberán colocarse en un punto tal que asegure su mayor eficacia tanto en el día como en la noche, a fin de que el mensaje pueda ser captado con oportunidad.

3.8.3. MARCAS EN EL PAVIMENTO

Las marcas en el pavimento o en los obstáculos son utilizadas con el objeto de reglamentar el movimiento de vehículos e incrementar la seguridad de su operación. Sirven, en algunos casos, como complemento a las señales y semáforos en el control del tránsito, en otros constituye un único medio, desempeñando un factor de suma importancia en la regulación de la operación del vehículo en la vía.

3.8.3.1. UNIFORMIDAD

Las marcas en el pavimento deberán ser uniformes en su diseño, posición y aplicación; ello es imprescindible a fin de que el conductor pueda reconocerlas e interpretarlas rápidamente.

3.8.3.2. CLASIFICACIÓN

Teniendo en cuenta el propósito, las marcas en el pavimento se clasifican en:

a. Marcas en el Pavimento

- Línea central
- Línea de carril
- Marcas de prohibición de alcance y paso a otro vehículo
- Línea de borde de pavimento
- Líneas canalizadoras del tránsito
- Marcas de aproximación de obstáculos
- Demarcación de entradas y salida de autopistas
- Líneas de parada
- Marcas de paso peatonal
- Aproximación de cruce a nivel con línea férrea
- Estacionamiento de vehículos
- Letras y símbolos

- Marcas para el control de uso de los carriles de circulación.
- Marcas en los sardineles de prohibición de estacionamiento en la vía pública

b. Marcas en los Obstáculos

- Obstáculos en la vía
- Obstáculos fuera de la vía

c. Demarcadores Reflectores

- Demarcadores de peligro
- Delineadores

3.8.3.3. DEMARCADORES

El material usado para demarcar los pavimentos, bordes de calles o carreteras y objetos, es la pintura de tráfico TTP-115-E-III, sin embargo pinturas de tráfico de igual o mejor calidad otros materiales tales como termoplásticos, concreto coloreado, cintas adhesivas para pavimento o elementos marcadores individuales de pavimento “RPM o Tachas”, podrán ser utilizados previa conformidad de la autoridad competente.

La demarcación con pintura puede hacerse en forma manual o con máquina, siendo la más recomendable la efectuada a máquina en razón que debido a la presión de la pintura ésta penetra en los poros del pavimento, dándole más duración.

Los marcadores individuales de pavimento URPM o tachas son elementos plásticos, metálicos sobre cerámicos, con partes reflectantes con un espesor no mayor a dos centímetros, pudiendo ser colocados continuamente o separados.

Los marcadores o tachas serán utilizados como guía de posición, como complemento de las otras marcas en el pavimento o en algunos casos como sustitutos de otros tipos de marcadores.

El color de los marcadores estará de acuerdo al color de las otras marcas en el pavimento y que sirven como guías.

Estos marcadores son muy útiles en curvas, zonas de neblina, túneles, puentes y en muchos lugares en que se requiera alta visibilidad, tanto de día como de noche.

Los colores básicos son el blanco, amarillo, rojo y azul. El blanco y el amarillo son utilizados solos o en combinación con las líneas pintadas en el pavimento, consolidando el mismo significado. Los marcadores rojos son utilizados para indicar peligro o contra el sentido del tránsito.

Los marcadores de color azul son utilizados para indicar la ubicación de los hidrantes contra incendio.

Estos marcadores tienen elementos reflectantes incorporados a ellos y se dividen en mono direccionales, es decir, en una sola dirección del tránsito y bidireccionales, es decir, en doble sentido del tránsito.

Los marcadores individuales mayores a 5,7 cm se usarán sólo para formar sardineles o islas canalizadoras del tránsito.

3.8.3.4. COLORES

Los colores de pintura de tráfico a utilizarse será blanco y amarillo, cuyas tonalidades deberán conformarse con aquellas especificadas anteriormente.

- Líneas Blancas: Indican separación de las corrientes vehiculares en el mismo sentido de circulación.
- Líneas Amarillas: Indican separación de las corrientes vehiculares en sentidos opuestos de circulación.

3.8.3.5. TIPOS Y ANCHOS DE LAS LINEAS LONGITUDINALES

Los principios generales que regulan el marcado de las líneas longitudinales en el pavimento son:

- Líneas segmentadas y discontinuas, sirven para demarcar los carriles de circulación de tránsito automotor.
- Líneas continuas, sirven para demarcar la separación de las corrientes vehiculares, restringiendo la circulación vehicular de tal manera que no deba ser cruzada.
- El ancho normal de las líneas es de 0,10 a 0,15 m para las líneas longitudinales de línea central y línea de carril, así como de las líneas de barrera.

Para las líneas de borde del pavimento tendrá un ancho de 0,10 m.

3.8.3.6. REFLECTORIZACIÓN

En el caso de la pintura de tráfico TTP-115-E-III y con el fin de que sean visibles las marcas en el pavimento de la noche, ésta deberá llevar microesferas de vidrio integradas a la pintura o esparcidas en ella durante el momento de aplicación.

Dosificación de esferas de vidrio recomendadas:

- Pistas de aeropuertos: 4,5 kgs/Gal
- Carreteras y autopistas: 3,5 kgs/Gal
- Vías urbanas: 2,5 kgs/Gal

3.8.3.7. MANTENIMIENTO

Las marcas en el pavimento y en obstáculos adyacentes a la vía deberán mantenerse en buena condición.

La frecuencia para el repintado de las marcas en el pavimento dependen del tipo de superficie de rodadura, composición y cantidad de pintura aplicada, clima y volumen vehicular.

3.8.4. MARCAS Y BORDES DEL PAVIMENTO

3.8.4.1. LINEA CENTRAL

Se utilizan para demarcar el centro de la calzada de dos carriles de circulación que soporta el tránsito en ambas direcciones. Se utilizará una línea discontinua, cuyos segmentos serán de 4,50 m de longitud, espaciados 7,50 m en carreteras; en la ciudad será de 3 y 5 metros respectivamente.

En lo relacionado al color a utilizarse corresponderá a lo indicado anteriormente.

En el caso de una calzada de cuatro o más carriles de circulación que soporta el tránsito en ambos sentidos y sin separador central, se usará como línea central, la doble línea continua de 0,10 m de ancho espaciadas en 0,10 m y de color amarillo.

La doble línea amarilla demarcadora del eje de la calzada, significa el establecer una barrera imaginaria que separa las corrientes de tránsito de ambos sentidos; el eje de la calzada coincidirá con el eje del espaciamiento entre las dos líneas continuas y paralelas.

Se recomienda el marcado de la línea central en todas las calzadas de 4 o más carriles de circulación que soportan tránsito en ambos sentidos sin separador central y en las carreteras pavimentadas siguientes:

De dos carriles de circulación y cuyo volumen de tránsito exceda 800 veh/día.

Carretera de dos carriles cuyo ancho de superficie de rodadura sea menor de 6,50 m. cuando la incidencia de accidentes lo amerite.

3.8.4.2. LINEA DE CARRIL

Las líneas de carril son utilizadas para separar los carriles de circulación que transitan en la misma dirección. Las líneas de carril deberán usarse:

En todas las autopistas, carreteras, avenidas de múltiples carriles de circulación.

En lugares de congestión del tránsito en que es necesario una mejor distribución del espacio correspondiente a las trayectorias de los vehículos.

Las líneas de carril son discontinuas o segmentadas de ancho de 0,10 m a 0,15 m de color blanco y cuyos segmentos serán de 4,50 m de longitud espaciadas 7,50 m en el caso de carreteras; en la zona urbana será de 3 m y 5m respectivamente.

3.8.4.3. ZONA DONDE SE PROHIBE ADELANTAR

El marcado de líneas que prohíben adelantar tiene por objeto el señalar aquellos tramos del camino cuya distancia de visibilidad es tal que no permite al conductor efectuar con seguridad la maniobra de alcance y pasó a otro vehículo.

El establecimiento de zonas donde se prohíbe el adelantar depende de la velocidad directriz de la carretera y de la distancia mínima de visibilidad de paso en ella.

Se utilizará una línea continua paralela a la línea central, espaciada 0,10 m hacia el lado correspondiente al sentido del tránsito que se está regulando; de ancho 0,10m y de color amarillo. Antes del inicio de la línea continua, existirá una zona de preaviso variable entre 50m ($V < 60$ km/h) y 100 m ($V > 60$ km/h), donde la línea discontinua estará constituida por segmentos de 4,5m de longitud espaciados de 1,5m. En el caso de carreteras y en la zona urbana será de 3m y 1m, respectivamente.

El comienzo de la zona donde se prohíbe adelantar corresponde al punto en que la distancia de visibilidad es menor a aquella normada como distancia mínima de visibilidad de paso; el término de la zona corresponderá al punto en que se iguale o supere la distancia mínima mencionada.

El marcado de la zona donde se prohíbe adelantar será para cada sentido de circulación debiendo complementarse dicho marcado con el uso de la señal “PROHIBIDO ADELANTAR” (R-16) y al lado del sentido de circulación se colocará la señal “NO ADELANTAR” (P-60).

3.8.4.4. LINEA DE BORDE DE PAVIMENTO

Se utilizará para demarcar el borde del pavimento a fin de facilitar la conducción del vehículo, especialmente durante la noche y en zonas de condiciones climáticas severas. Deberá ser línea continua de 0,10 m de ancho de color blanco.

3.9. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Fuente: Manual Diseño Geométrico de Carreteras – 2014 – MTC del Perú.

El incremento de la demanda derivado del crecimiento de la población, del desarrollo económico y de los avances tecnológicos, ha impuesto mayores exigencias de capacidad, seguridad y confort, lo que ha redundado en que la geometría de los trazados en planta y perfil sea más amplia, con lo que en las etapas de construcción y operación de un camino, alteran en menor o mayor medida las condiciones ambientales prevalecientes en el corredor en que la ruta se emplaza, llegando incluso, en determinados casos, a degradarlas.

En el desarrollo de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) u otro instrumento de evaluación, se deberán revisar aquellos aspectos que siempre estarán presentes y que incidirán directamente en el nivel o grado de impacto de una determinada obra.

En primer lugar, interviene el trazado del camino que se estudia, ya que a mayor nivel las exigencias técnicas de la geometría implicarán una menor posibilidad de adecuarse al terreno, aumentando las alturas de corte y terraplén. Por otro lado, un camino de elevado estándar está ligado a un mayor ancho de faja vial, todo lo cual se traduce en un aumento de la probabilidad de generar un impacto de mayor magnitud.

Por otra parte están las características naturales de los terrenos donde se emplazará el camino. Por ejemplo, los rasgos topográficos del terreno condicionarán el grado de

deterioro ambiental que puede producir el proyecto de un camino, el que, en general, aumentará en la medida que el terreno sea más accidentado.

También la geomorfología y geología del terreno condicionarán el grado de impacto ya que, dependiendo de los materiales que estén presentes y la inestabilidad de las laderas, es posible que se activen procesos erosivos en los taludes expuestos o se propicien asentamientos o deslizamientos de masas de materiales que pueden afectar al camino proyectado o a quebradas o cauces cercanos.

Otro aspecto por considerar es el tipo de vegetación natural localizada en la faja del camino, la que al ser eliminada puede perturbar el ecosistema natural en una superficie mayor que la afectada directamente por el camino.

Finalmente se deberán considerar las características socioeconómicas de la zona donde se emplaza el camino, a fin de estudiar el posible efecto que podría provocar el proyecto, en las actividades humanas presentes en el sector.

Es importante destacar que de acuerdo con estudios realizados, la incorporación de la variable ambiental en la toma de decisiones, ha significado no sólo mitigar y neutralizar los impactos negativos que producen los proyectos, sino que en determinados casos, ha contribuido a mejorar el medio donde se emplazan, a conservar y aprovechar racionalmente los recursos naturales renovables en beneficio de la población local y a desarrollar el potencial recreativo y turístico del área.

Otro aspecto importante que se debe tener en cuenta con la inclusión de la dimensión ambiental, es que incorpora elementos de juicio que permiten seleccionar una alternativa óptima del emplazamiento del camino, de tal forma de generar un proyecto vial en armonía con el entorno, lo cual no implica, necesariamente, estar en la disyuntiva de construir o no construir un camino. La integración armónica del proyecto con el entorno se entiende como un estado de equilibrio en donde los posibles impactos negativos se evitan o mitigan, controlando de esta manera el deterioro del medio ambiente.

En resumen, los EIA deberán cumplir la normativa aplicable vigente sobre la materia.

3.10. ESTUDIO ECONOMICO FINANCIERO

En el presente capítulo analizaremos la inversión requerida para la ejecución de la obra y la forma en que recuperará ésta; es decir, se efectuará el estudio económico y financiero de la misma.

En primer lugar, se determina el costo que implica la construcción de la carretera, gasto que se puede analizar en dos rubros, costo directo y costo indirecto. El costo directo

está relacionado con el costo de ejecución física de la obra, es decir de mano de obra, maquinaria, materiales y otros elementos requeridos. La forma de análisis es a través de la unidad de medida, metrado, el costo unitario y el rendimiento o aporte de cada elemento. El costo indirecto se refiere a aquel que se relaciona con la obra que de forma indirecta, es decir, gasto en logística y otros derivados del costo directo. Se aplica como un porcentaje del costo directo en su conjunto y están referidos a gastos generales, utilidades e impuestos.

En segundo lugar, se determina el tiempo de recuperación del gasto, lo que a su vez permite definir la justificación de la obra y por ende, su posterior financiación contando desde luego con una adecuada programación de Obra.

CAPÍTULO IV

PROYECTO

4.1. ESTUDIO DE TRÁFICO

El estudio de tráfico tiene como fin, obtener la cantidad vehicular actual y proyectarlas durante la vida útil de la carretera, las condiciones de tráfico están definidas por su composición y cantidad, que nos dará a conocer las características del número de vehículos circulantes.

4.1.1. METODOLOGÍA

Previo recorrido de la ruta del proyecto desde el Centro de Esparcimiento de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo hacia los Centros Arqueológicos, se procede a identificar una estación de conteo vehicular.

Con el propósito de obtener información más exacta y evitar la evasión del conteo de vehículos, la estación seleccionada se ubica en el centro poblado “La Ranchería, considerando que es el primer centro poblado en su recorrido y en donde existe los desvíos para los Complejos Arqueológicos y zonas aledañas.

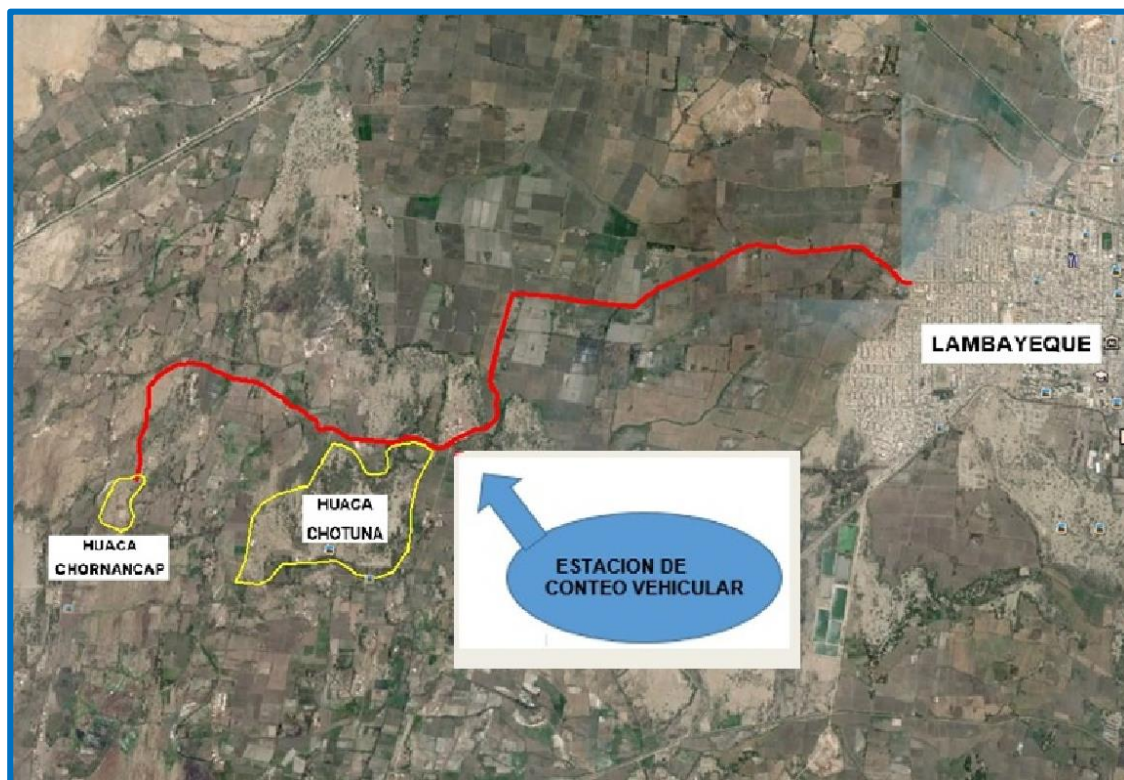


Gráfico 4.1.1: Ubicación de estación de conteo de tráfico.

4.1.2. PERIODO DE ESTUDIO DE CAMPO

En la estación seleccionada, se realizó un conteo que duró 24 horas, durante 7 días, incluyendo los días laborales y el fin de semana, en los cuales se contaron los vehículos según clasificados y hora de paso.

El conteo se realizó entre las fechas miércoles 12 de agosto del 2015 y martes 18 de agosto del 2015.

4.1.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS

Los conteos realizados tienen por objeto conocer los volúmenes de tráfico que soporta la carretera de estudio, así como la composición vehicular y variación diaria y horaria.

Para convertir el volumen de tráfico obtenido del conteo en Índice Medio Diario Anual (IMDA), se utilizó la siguiente fórmula:

$$IMDA = \frac{V_{D1} + V_{D2} + V_{D3} + V_{D4} + V_{D5} + V_{D.SAB} + V_{D.DOM}}{7} \times FCE$$

Donde:

$IMDA$ = Índice Medio Diario Anual.

$V_{D1} + V_{D2} + V_{D3} + V_{D4} + V_{D5}$ = Volúmenes de tráfico en días laborales.

$V_{D.SAB} + V_{D.DOM}$ = Volúmenes de tráfico de los días sábado y domingo.

FCE = Factor de corrección estacional.

4.1.4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN Y OBTENCIÓN DE RESULTADOS

A) RESULTADOS DIRECTOS DEL CONTEO VEHICULAR

Luego de consolidar y dar consistencia a la información obtenida del conteo en la estación, se obtuvo los resultados de los volúmenes de tráfico en la vía por tipo de vehículo y sentido, como el consolidado de ambos sentidos. Así mismo, se identificó tramos homogéneos para la asignación del tráfico a este nivel.

En el anexo 4.1, se muestra los cuadros de conteo vehicular de los siete días de la semana, la información del anexo contiene el flujo de tráfico vehicular por hora y por tipo de vehículos (ligeros y pesados) en valores absolutos y en valores porcentuales.

En el cuadro 4.1.1, se resume los resultados referidos al conteo volumétrico de tráfico, la clasificación diaria por sentido (entrada y salida) y la consolidación de ambos sentidos.

El promedio del tráfico vehicular de la semana se ha obtenido aplicando la fórmula indicada en la metodología descrita. En el cuadro 4.1.2, se presenta el promedio del tráfico de la semana para ambos sentidos.

Fecha: del 12 de agosto al 18 de agosto de 2015						Salida: Centros de esparcimiento a Lambayeque.				
Estación: Centro Poblado "La Ranchería"						Entrada: Lambayeque a centros de esparcimiento.				
Dia	Sentido	Vehículos Ligeros				Vehículos Pesados				Total
		Autos	Pick Up	Cmta. Rural	Micros	C2/Lig	C2/Pes	C3	C4	
Mier. 12 agosto	Entrada	8	2	1		1	1			13
	Salida	9	2	1		1	1			14
Juev. 13 agosto	Entrada	6	2	2		2	1			13
	Salida	8		2		2	1			13
Vier. 14 agosto	Entrada	7	2	1		1	2			13
	Salida	9	2	1		1	2			15
Sab. 15 agosto	Entrada	5	1			1	1			8
	Salida	2	1			1	1			5
Dom. 16 agosto	Entrada	4	1	1						6
	Salida	5	1	1						7
Lun. 17 agosto	Entrada	7		1			1			9
	Salida	10		1			1			12
Mar. 18 agosto	Entrada	7	3	1		1				12
	Salida	8	1	1		1				11
TOTAL	Entrada	44	11	7	0	6	6	0	0	74
	Salida	51	7	7	0	6	6	0	0	77

Cuadro 4.1.1: Resultado del conteo vehicular

Fecha: del 12 de agosto al 18 de agosto de 2015						Salida: Centros de esparcimiento a Lambayeque.				
Estación: Centro Poblado "La Ranchería"						Entrada: Lambayeque a centros de esparcimiento.				
Día	Sentido	Vehículos Ligeros				Vehículos Pesados				Total
		Autos	Pick Up	Cmta. Rural	Micros	C2/Lig	C2/Pes	C3	C4	
Promedio Diario	Entrada	7	2	1		1	1			12
	Salida	8	1	1		1	1			12
TOTAL	Ambos	15	3	2	0	2	2	0	0	24

Cuadro 4.1.2: Tráfico Vehicular Promedio Diario.

B) FACTOR DE CORRECCIÓN ESTACIONAL

Considerando que los volúmenes de tráfico varía cada mes de acuerdo a las épocas de cosecha, ferias semanales, estaciones del año, vacaciones, festividades, etc, es necesario afectar los valores obtenidos durante un periodo de tiempo, por un factor de corrección que lleve a estos valores al Índice Medio Diario Anual.

Pero da el caso, que no contamos con un peaje para estimar este factor de corrección, por tal motivo, consideraré como FCE = 1.

Fecha: del 12 de agosto al 18 de agosto de 2015						Salida: Centros de esparcimiento a Lambayeque.				
Estación: Centro Poblado "La Ranchería"						Entrada: Lambayeque a centros de esparcimiento.				
FACTOR DE CORRECCION	Sentido	Vehiculos Ligeros				Vehículos Pesados				Total
		Autos	Pick Up	Cmta. Rural	Micros	C2/Lig	C2/Pes	C3	C4	
1	Entrada	7	2	1		1	1			12
	Salida	8	1	1		1	1			12
TOTAL	Ambos	15	3	2	0	2	2	0	0	24
CLASIFICACIÓN VEHICULAR		62.50%	12.50%	8.33%	0.00%	8.33%	8.33%	0.00%	0.00%	100.00%

Cuadro 4.1.3.: Índice Medio Diario Anual

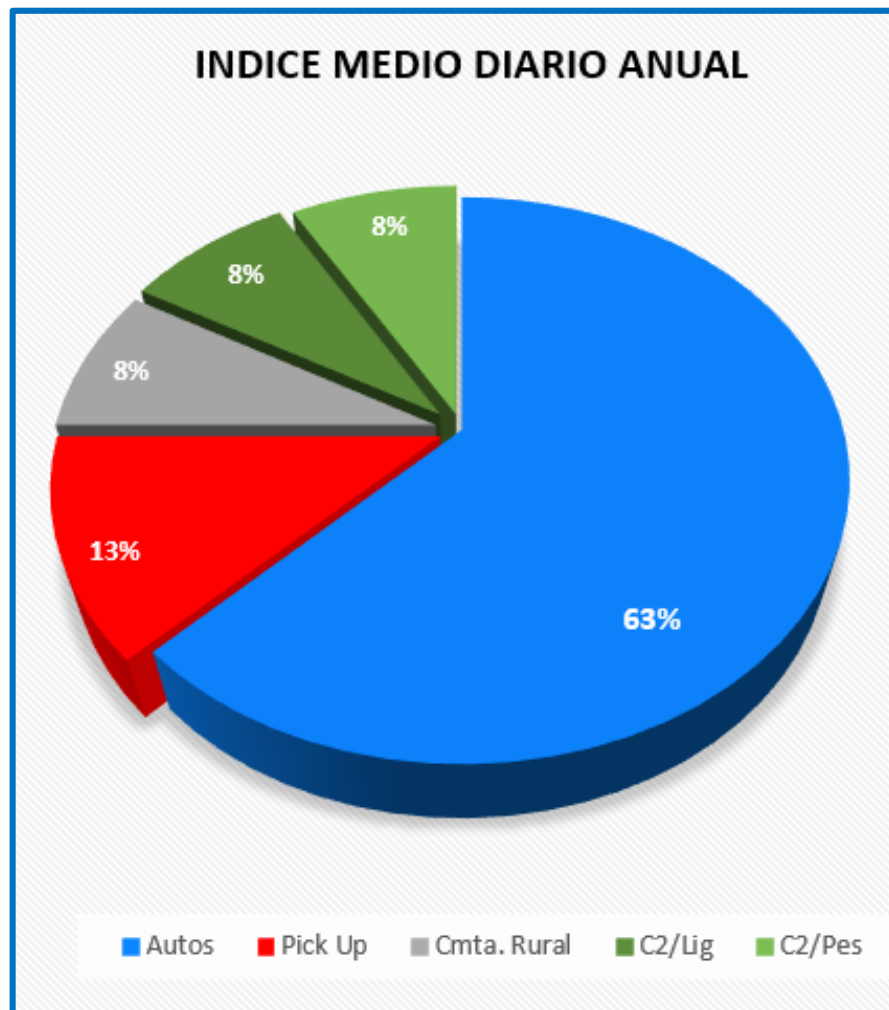


Gráfico 4.1.2: Índice Medio Diario Anual

C) VARIACIÓN HORARIA Y DIARIA

C.1) VARIACIÓN HORARIA

La variación horaria muestra que para:

- **Vehículos ligeros**, presenta mayor volumen de tráfico entre las 06 y 08 horas, entre las 11 y 12 horas, y entre las 18 y 19 horas, presentando un volumen más bajo entre las 05 y 06 horas, 09 y 11 horas, 15 y 18 horas, y 19 y 22 horas, presentando un volumen nulo en la horas de madrugada, según indica el gráfico.

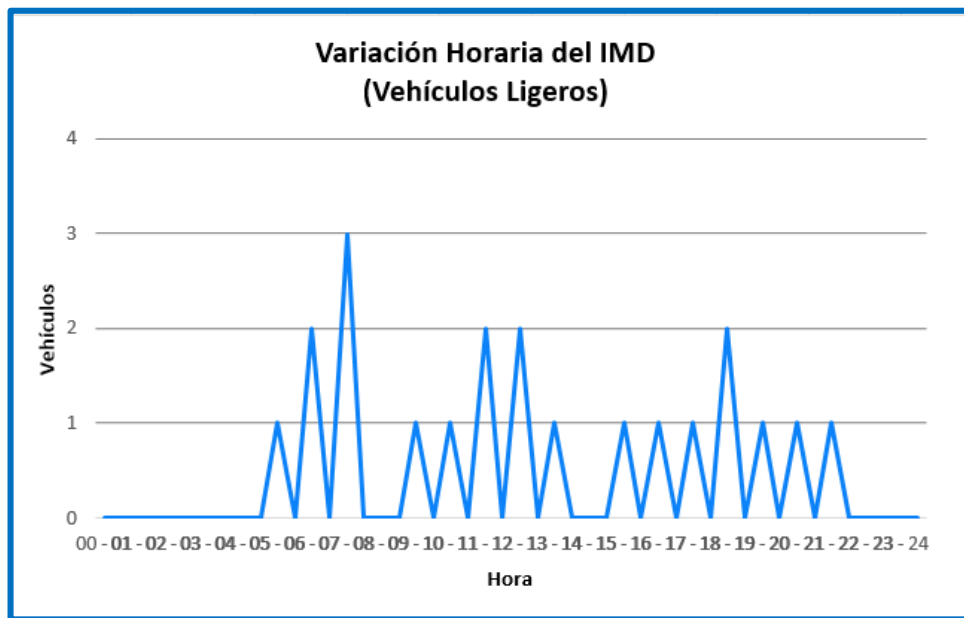


Gráfico 4.1.3: Variación Horaria del IMD de vehículos ligeros.

- **Vehículos pesados**, presenta una mayor circulación entre los horarios de las 07 a 13 horas, presentando en los demás horarios un tránsito nulo, debido a la existencia de cultivos en épocas de cosecha.

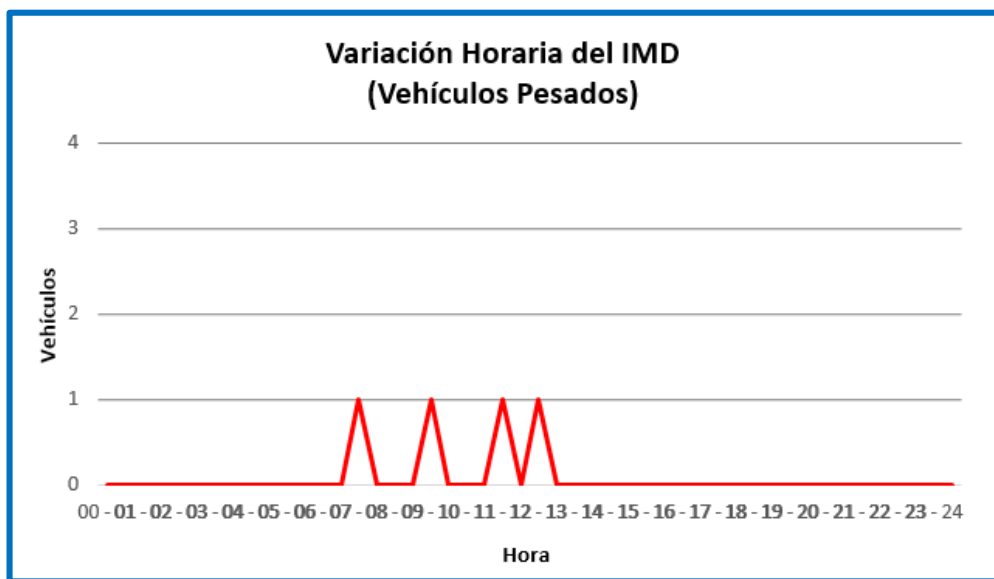


Gráfico 4.1.4: Variación Horaria del IMD de vehículos pesados.

C.2) VARIACIÓN DIARIA

El mayor volumen de tráfico por día se presenta los días miércoles, jueves, viernes, lunes y martes, disminuyendo notoriamente los días sábados y domingos, los resultados se muestran en el siguiente gráfico.

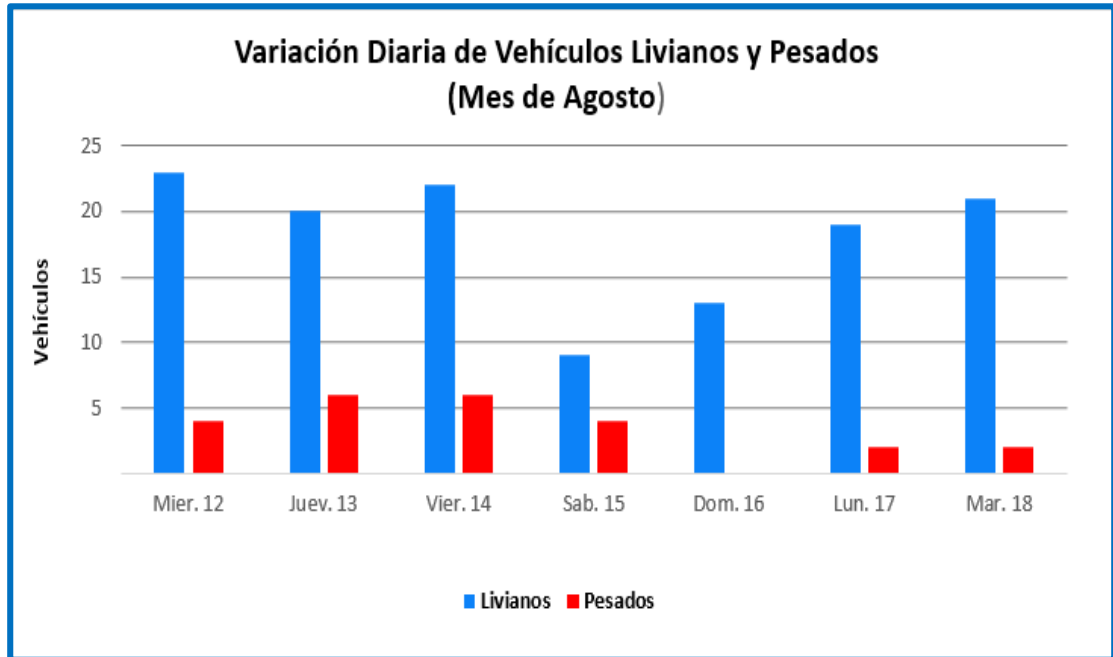


Gráfico 4.1.5: Variación Diaria de Vehículos Ligeros y Pesados

D) DEMANDA PROYECTADA

La proyección de la demanda proyectada, se hará a 20 años, en la cual necesitamos las tasas de crecimiento y aplicar la fórmula:

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

Donde:

T_n = Tránsito proyectado al año en vehículo por día.

T_o = Tránsito anual (año base) en vehículo por día.

n = año futuro de proyección.

r = tasa anual de crecimiento de tránsito.

$r_{vp} = 1.50 \%$ (tasa de crecimiento de población),

(para vehículos de pasajeros)

$$r_{vp} = 3.0 \% \text{ (tasa de crecimiento anual del PBI regional)}$$

(para vehículos de carga)

Tipo de Vehículo	AÑO																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Tráfico Normal	24	24	24	25	25	25	25	25	28	28	28	28	30	30	30	30	30	31	32	34
Autos	15	15	15	16	16	16	16	16	17	17	17	17	18	18	18	18	18	19	19	19
Pick Up	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Cmta. Rural	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
Micros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C2/Lig.	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
C2/Pes.	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cuadro 4.1.4: Demanda proyectada

Tipo de Vehículo	Clase	Año 20	%
Autos	AP	20	57.14
Pick Up	AC	4	11.43
Cmta. Rural	AC	3	8.57
C2/Lig.	C2	4	11.43
C2/Pes.	C2	4	11.43
IMD		35.00	100.00

Cuadro 4.1.5: Resumen de la demanda proyectada

4.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Para el levantamiento topográfico, se hizo un recorrido desde el Centro de Esparcimiento de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, hacia los centros de esparcimiento Chotuna y Chornancap, identificando el terreno, vegetación, su posible sección transversal, clasificación en cuanto a pendientes, curvas horizontales y posible mejora del eje.

4.2.1. RECONOCIMIENTO DE CAMPO

Se identificaron las siguientes características:

- Su topografía es llana a lo largo de su recorrido.
- Existe un canal desde casi el inicio del tramo hasta el Centro Poblado “La Ranchería”, llamado San Romualdo, que es para uso agrícola.
- Los terrenos de cultivo, se encuentran como mínimo a un metro de diferencia en altura respecto a la carretera, lo que hace pensar, que existe material de préstamo a lo largo de la trayectoria por las características del suelo.
- Existe vegetación a ambos márgenes como maleza, a una altura de 1.0 m aprox.
- Casi en el 80% del recorrido, de inicio a fin, se identificaron cultivos de arroz y algodón.

4.2.2. INSTRUMENTOS Y PERSONAL UTILIZADOS

A) PERSONAL

- 01 operador de la estación total.
- 02 peones para medir distancias para toma de puntos.
- 01 peón para quitar la maleza en tramos inaccesibles.
- 03 peones para prismas.
- 01 policía para seguridad del equipo.

B) EQUIPOS

- 01 Estación total.
- 03 prismas.
- 01 GPS.
- Wincha
- Herramientas manuales

4.2.3. PROCEDIMIENTO

- Se realizó la ubicación del BM - 1, en la puerta de la Institución Educativa Secundaria San Martín, en las intersecciones de las Calles Elvira García y Dunas, donde se encuentra, a pocos metros del Centro de Esparcimiento de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Un BM – 2, se ubicó en la puerta de guardianía del Centro de Esparcimiento de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Se realizó la toma de lecturas cada 20 m aprox. y/o según cambie el eje de la trocha carrozable, identificando posibles curvas horizontales o diseño del eje.
- Se ubicó además, un BM – 3 en la base del tanque elevado del centro poblado La Ranchería, y un BM – 4 en la base del letrero que orienta el desvío hacia el centro poblado San Carlos y Centro Arqueológico Chornancap.

4.2.4. RESULTADOS

El terreno es relativamente llano

- **BM – 1 : Norte 9259155.1631m, Este 619670.0551m, Cota 20.00 m.s.n.m.**
- **BM – 2 : Norte 9259155.1631m, Este 619670.0551m, Cota 19.47 m.s.n.m.**
- **BM – 3 : Norte 9257776.5510m, Este 616319.0482m, Cota 13.56 m.s.n.m.**
- **BM – 4 : Norte 9258053.6134m, Este 614117.3405m, Cota 10.56 m.s.n.m.**
- Para mayor interpretación y poder ver el plano de curvas de nivel y ubicación de los BM, revisar “Tomo 2, sección Planos”, encontraremos los planos de planta y perfil con sus respectivos resultados del levantamiento topográfico.

4.3. DISEÑO GEOMÉTRICO

En el diseño geométrico, se realizó bajo la normatividad vigente del “Manual de Diseño Geométrico 2014”, donde se tuvieron las siguientes especificaciones en cuenta.

- Velocidad de diseño = 50 km/h
- Bombeo = 2%
- Peralte máximo = 8%

Para visualizar el diseño, ir a “Tomo 2”

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVAS CIRCULARES										
PI	Δ	R(m)	Prog. PI	Prog. PC	Prog. PT	Tang. (m)	Lc(m)	Cuerda(m)	Este	Norte
1	15° 13' 29"	100.00	0+074.76	0+061.39	0+087.97	13.36	26.57	26.49	619580.7226	9259185.5594
2	9° 40' 43"	120.00	0+178.57	0+168.41	0+188.69	10.16	20.27	20.25	619494.9369	9259244.3066
3	21° 23' 16"	80.00	0+273.70	0+258.59	0+288.45	15.11	29.86	29.69	619426.5726	9259310.5158
4	51° 27' 20"	30.00	0+360.64	0+346.19	0+373.13	14.46	26.94	26.06	619346.0327	9259344.1977
5	44° 35' 02"	30.00	0+387.94	0+375.64	0+398.99	12.30	23.34	22.76	619338.0395	9259372.3516
6	38° 10' 28"	80.00	0+468.52	0+440.83	0+494.14	27.68	53.30	52.32	619266.8650	9259412.7292
7	8° 44' 25"	100.00	0+745.30	0+737.66	0+752.91	7.64	15.25	15.24	618992.1847	9259364.9585
8	12° 30' 50"	221.15	0+794.82	0+770.58	0+818.88	24.25	48.30	48.20	618942.6621	9259363.2511
9	13° 47' 27"	120.00	0+870.70	0+856.19	0+885.07	14.51	28.88	28.81	618869.0103	9259344.2192
10	25° 06' 36"	80.00	1+001.59	0+983.77	1+018.83	17.82	35.06	34.78	618737.9926	9259342.6238
11	39° 20' 55"	100.00	1+093.04	1+057.28	1+125.96	35.75	68.68	67.33	618654.2016	9259380.6548
12	16° 52' 37"	80.00	1+199.94	1+188.07	1+211.63	11.87	23.56	23.48	618548.1759	9259352.3718
13	21° 23' 34"	220.00	1+342.88	1+301.32	1+383.46	41.56	82.14	81.67	618405.1444	9259357.2182
14	53° 20' 48"	140.00	1+488.53	1+418.19	1+548.55	70.33	130.35	125.69	618266.8970	9259308.3921
15	56° 48' 15"	80.00	1+596.63	1+553.37	1+632.68	43.26	79.31	76.10	618231.8784	9259195.2734
16	4° 43' 11"	80.00	1+738.12	1+734.82	1+741.41	3.30	6.59	6.59	618088.9426	9259154.3013
17	8° 31' 49"	80.00	1+781.37	1+775.40	1+787.31	5.97	11.91	11.90	618048.4809	9259139.0003
18	13° 11' 38"	160.00	1+961.44	1+942.94	1+979.78	18.50	36.84	36.76	617891.3440	9259051.0179
19	38° 49' 04"	100.00	2+074.33	2+039.10	2+106.85	35.23	67.75	66.46	617782.6991	9259019.7598
20	29° 24' 25"	60.00	2+141.54	2+125.80	2+156.59	15.74	30.79	30.46	617742.4582	9258962.5688
21	15° 06' 07"	80.00	2+179.63	2+169.02	2+190.11	10.60	21.09	21.03	617707.4451	9258945.8971
22	44° 28' 11"	30.00	2+314.07	2+301.81	2+325.09	12.26	23.28	22.70	617605.2165	9258858.3890
23	77° 16' 49"	30.00	3+180.29	3+156.31	3+196.77	23.98	40.46	37.47	616739.3949	9258911.2905
24	5° 55' 56"	120.00	3+460.76	3+454.54	3+466.96	6.22	12.42	12.42	616661.6315	9258634.0235
25	26° 53' 37"	50.00	3+851.90	3+839.95	3+863.42	11.95	23.47	23.25	616595.4931	9258248.5000
26	20° 29' 00"	30.00	3+882.41	3+876.99	3+887.71	5.42	10.72	10.67	616604.6235	9258218.9295
27	14° 00' 47"	80.00	3+970.12	3+960.29	3+979.86	9.83	19.57	19.52	616658.2631	9258149.3830
28	16° 32' 49"	80.00	4+014.35	4+002.72	4+025.82	11.63	23.10	23.02	616676.0312	9258108.7699

29	63° 39' 03"	120.00	4+138.23	4+063.76	4+197.07	74.48	133.31	126.56	616691.3246	9257985.6752
30	11° 06' 34"	80.00	4+213.68	4+206.91	4+221.40	7.77	15.49	15.46	616615.3065	9257935.4909
31	43° 03' 00"	80.00	4+266.94	4+235.39	4+295.49	31.55	60.11	58.71	616577.2989	9257898.1096
32	55° 14' 06"	50.00	4+350.30	4+324.14	4+372.34	26.16	48.20	46.36	616490.9713	9257895.8882
33	33° 47' 26"	50.00	4+414.26	4+399.07	4+428.56	15.19	29.49	29.06	616453.6065	9257838.9861
34	29° 25' 26"	30.00	4+458.16	4+450.28	4+465.69	7.88	15.41	15.24	616412.3543	9257821.5448
35	16° 14' 14"	30.00	4+478.13	4+473.85	4+482.35	4.28	8.50	8.47	616399.9402	9257806.4581
36	14° 09' 01"	30.00	4+495.96	4+492.23	4+499.64	3.72	7.41	7.39	616385.4908	9257794.9194
37	35° 45' 39"	60.00	4+640.22	4+620.86	4+658.31	19.36	37.45	36.84	616251.6531	9257740.9679
38	8° 37' 49"	80.00	4+679.87	4+673.84	4+685.89	6.04	12.05	12.04	616211.9177	9257750.7322
39	14° 22' 19"	80.00	4+785.23	4+775.14	4+795.21	10.09	20.07	20.01	616114.5197	9257790.9491
40	33° 20' 46"	30.00	4+863.66	4+854.68	4+872.14	8.99	17.46	17.21	616036.7549	9257801.9673
41	15° 09' 28"	80.00	4+930.54	4+919.90	4+941.06	10.64	21.16	21.10	615975.8203	9257773.1873
42	12° 22' 41"	80.00	5+026.44	5+017.77	5+035.05	8.68	17.28	17.25	615881.2871	9257756.3076
43	28° 25' 09"	40.00	5+307.96	5+297.83	5+317.67	10.13	19.84	19.64	615599.9235	9257767.3826
44	5° 05' 00"	100.00	5+378.98	5+374.54	5+383.41	4.44	8.87	8.87	615538.4812	9257803.8258
45	8° 40' 39"	80.00	5+439.83	5+433.76	5+445.88	6.07	12.12	12.10	615483.5925	9257830.1123
46	36° 32' 37"	25.42	5+466.86	5+458.46	5+474.67	8.39	16.21	15.94	615457.7139	9257837.9810
47	13° 52' 27"	60.00	5+496.39	5+489.09	5+503.62	7.30	14.53	14.49	615429.3528	9257827.8647
48	79° 13' 18"	15.00	5+552.40	5+539.99	5+560.73	12.41	20.74	19.13	615373.5564	9257822.2394
49	55° 15' 31"	15.00	5+619.30	5+611.45	5+625.92	7.85	14.47	13.91	615353.3534	9257890.2897
50	9° 49' 14"	80.00	5+650.81	5+643.94	5+657.65	6.87	13.71	13.70	615322.2426	9257900.5221
51	5° 30' 36"	120.00	5+693.20	5+687.42	5+698.96	5.77	11.54	11.54	615284.7993	9257920.4533
52	12° 33' 28"	80.00	5+782.92	5+774.12	5+791.65	8.80	17.53	17.50	615210.0037	9257970.0280
53	10° 58' 23"	80.00	5+855.75	5+848.06	5+863.39	7.68	15.32	15.30	615141.9401	9257996.1262
54	11° 45' 49"	80.00	6+074.52	6+066.27	6+082.70	8.24	16.43	16.40	614955.5865	9258110.7892
55	11° 06' 06"	80.00	6+151.46	6+143.70	6+159.18	7.76	15.48	15.45	614882.7503	9258135.7764
56	3° 10' 40"	180.00	6+214.92	6+209.93	6+219.91	4.99	9.98	9.98	614819.8387	9258144.4505
57	22° 00' 18"	60.00	6+319.36	6+307.70	6+330.74	11.67	23.04	22.90	614715.7416	9258152.9589
58	9° 49' 45"	80.00	6+374.81	6+367.93	6+381.66	6.88	13.72	13.71	614665.9356	9258177.9844
59	13° 13' 43"	80.00	6+479.57	6+470.30	6+488.77	9.28	18.47	18.43	614565.6410	9258208.3576
60	23° 49' 19"	30.00	6+514.31	6+507.98	6+520.45	6.33	12.47	12.38	614535.5100	9258225.8079

60	23° 49' 19"	30.00	6+514.31	6+507.98	6+520.45	6.33	12.47	12.38	614535.5100	9258225.8079
61	47° 07' 55"	20.00	6+530.69	6+521.96	6+538.42	8.72	16.45	15.99	614525.7523	9258239.1885
62	25° 16' 42"	80.00	6+588.58	6+570.64	6+605.94	17.94	35.30	35.01	614467.2721	9258246.1276
63	13° 37' 57"	100.00	6+708.26	6+696.31	6+720.10	11.95	23.79	23.74	614353.2283	9258207.9440
64	58° 31' 12"	15.00	6+989.24	6+980.84	6+996.16	8.40	15.32	14.66	614115.2261	9258058.3919
65	9° 51' 41"	80.00	7+021.46	7+014.56	7+028.33	6.90	13.77	13.75	614115.6166	9258024.6888
66	9° 06' 53"	80.00	7+063.14	7+056.76	7+069.49	6.38	12.73	12.71	614123.2367	9257983.6753
67	11° 31' 41"	80.00	7+117.62	7+109.54	7+125.64	8.08	16.10	16.07	614124.5783	9257929.1862
68	8° 34' 24"	80.00	7+146.80	7+140.80	7+152.77	6.00	11.97	11.96	614119.4427	9257900.4057
69	19° 22' 20"	20.00	7+161.05	7+157.63	7+164.39	3.41	6.76	6.73	614114.8699	9257886.8889
70	2° 19' 00"	180.00	7+208.14	7+204.50	7+211.78	3.64	7.28	7.28	614115.4306	9257839.7338
71	16° 47' 08"	80.00	7+293.82	7+282.02	7+305.46	11.80	23.44	23.35	614112.9855	9257754.0846
72	15° 41' 05"	40.00	7+399.73	7+394.22	7+405.17	5.51	10.95	10.92	614079.4658	9257653.4423
73	41° 41' 03"	20.00	7+420.59	7+412.98	7+427.53	7.61	14.55	14.23	614078.4668	9257632.5387
74	38° 52' 45"	20.00	7+454.24	7+447.18	7+460.75	7.06	13.57	13.31	614100.0447	9257605.8427

Cuadro 4.3.1: Elementos de curvas circulares

4.4. ESTUDIO DE SUELOS

El estudio de suelos, se realizó mediante el sondeo a Pozo a Cielo Abierto o Calicata, que es el más satisfactorio para conocer las condiciones del subsuelo, consiste en excavar un pozo de dimensiones suficientes para que un técnico pueda directamente bajar y examinar los diferentes estratos del suelo en su estado natural, así como darse cuenta de las condiciones precisas referentes al agua contenida en el suelo. Desgraciadamente este tipo de excavación no puede llevarse a grandes profundidades a causa, sobre todo, de la dificultad de controlar el flujo de agua bajo el nivel freático; naturalmente que el tipo de suelo de los estratos atravesados también influye grandemente en los alcances del método en sí.

4.4.1. ANÁLISIS DE MUESTRAS

Se realizaron 10 calicatas, cada una de ellas a una profundidad de excavación de 1.50 metros. Los tipos de muestras obtenidas fueron alteradas e inalteradas y como se requería obtener una muestra representativa de todo el perfil excavado, para lo cual se hizo un muestreo compuesto involucrando todos los estratos identificados. Las muestras obtenidas fueron colocadas en sacos de polietileno e identificadas con tarjetas.

4.4.2. MÉTODO DE EVALUACIÓN

Para estudiar las características físicas y mecánicas de un suelo, se puede recurrir a dos métodos: uno de ellos llamado Ensayos In situ, y el otro llamado Ensayos en Laboratorio. Para este estudio se empleó el segundo método, para lo cual se extrajeron muestras de suelo para analizarlas en el Laboratorio, dividiendo los ensayos en dos clases:

A. ENSAYO DE IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS

Entre los que se mencionan:

- Determinación del contenido de humedad.
- Determinación de los Límites de Consistencia o Límites Atterberg.
- Análisis granulométrico por tamizado.
- Determinación del peso específico relativo de sólidos.
- Determinación del peso volumétrico suelto.
- Determinación del peso volumétrico compactado.
- Determinación de porcentaje de sal.

B. ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

- Determinación de la Relación Humedad – Densidad de un Suelo.
- Determinación de Valor Portante de California (CBR).

4.4.3. DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

4.4.3.1. CONTENIDO DE HUMEDAD

Basándome en la Norma ASTM D2216-71

El contenido de agua o humedad contenida en una masa de suelo se determina en el laboratorio con una relación directa con el peso seco del suelo y expresado en porcentaje. La condición de suelo seco se consigue colocando éste en una estufa durante 24 horas a temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, aunque hay suelos que necesitan más horas para secarse, por lo que es preferible secar las muestras hasta que no registre variación en su peso. Se dice que un suelo está saturado, si todos los huecos están completamente llenos de agua, por lo que el contenido de humedad puede ser 100% o más, como puede ser el caso de una arcilla saturada, un cieno o un suelo de turba.

A) EQUIPO

- Balanza Eléctrica con aproximación a 0,01 gramos.
- Estufa con temperaturas $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Cápsulas de metal.
- Hoja para anotaciones.

B) PROCEDIMIENTO

- En campo, se obtuvieron muestras individuales en bolsas de polietileno oscuras bien selladas de aproximadamente 80 gramos, con el objeto de preservar la humedad natural del suelo.
- Luego en Laboratorio, se colocan la muestra húmeda en una cápsula metálica, pesada con anterioridad ($W_{\text{cáp}}$), para luego ser pesada ($W_{\text{cáp}} + \text{Suelo Húmedo}$).
- Se coloca en la estufa, destapando la cápsula durante 24 horas a temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y a peso constante.
- Se extrae la cápsula de la estufa y se pesa ($W_{\text{cáp}} + \text{Suelo Seco}$).
- El valor del contenido de humedad será:

$$CONT.HUMEDAD = \frac{(W_{cáp} + S.Húmedo) - (W_{cáp} + S.Seco)}{(W_{cáp} + S.Seco) - W_{cáp}}$$

C) RESULTADOS

Para una mejor comprensión de los resultados mostrados y sus procedimientos para obtenerlos, ir a Anexos 4.4 – tomo 1, sección “Contenido de Humedad”

MUESTRA	CONTENIDO DE HUMEDAD %
C1 - M1	8.106
C2 - M1	6.300
C3 - M1	7.428
C4 - M1	6.169
C5 - M1	5.226
C6 - M1	5.980
C7 - M1	8.420
C8 - M1	5.133
C9 - M1	4.364
C10 - M1	7.094

Cuadro 4.4.1.: Resultados de Contenido de Humedad

4.4.3.2. LIMITES DE CONSISTENCIA O LIMITES DE ATTERBERG

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

Los límites de 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.

- 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 de un suelo.
- Límite de Contracción, es el límite entre los estados semisólido y sólido de un suelo.

Para determinar el Límite Líquido, se amasa el suelo con una cantidad arbitraria de agua y se coloca en la cuchara de la Copa de Casagrande (recipiente de

bronce o latón con un tacón solidario del mismo material; el tacón y la copa giran en torno a un eje fijo unido a la base, una excéntrica hace que la copa caiga periódicamente golpeándose contra la base del dispositivo, que es de hule duro o micarta. La altura de caída de la copa por especificación es de 1cm, medido verticalmente desde el punto de la copa que toca la base al caer, hasta la base misma, estando la copa en su punto más alto. La copa es esférica, con un radio interior de 54 mm, espesor 2 mm y peso 200 20 gramos incluyendo el tacón), se abre un surco con uno de los acanaladores y se comienza a dar vueltas a la manivela a razón de 2 por segundo, con lo cual, por medio de una excéntrica se levanta la cuchara y se deja caer desde la altura de 1cm. Se prosigue hasta que las dos paredes del surco se unan en una longitud de 12 mm. Si esto ocurre después de dar exactamente 25 vueltas a la manivela, el suelo tiene un contenido de humedad de Límite Líquido. □

Sin embargo lo correcto no será esto, hay que construir un diagrama en el que se tomen en el eje de abscisas el logaritmo del número de golpes, y en el eje de coordenadas el contenido de humedad del suelo a escala natural

De hecho el límite líquido se determina conociendo 3 ó 4 contenidos de agua diferentes en su vecindad, con los correspondientes número de golpes y trazando la curva Contenido de Humedad vs Número de golpes. La ordenada de esta CURVA DE FLUIDEZ correspondiente a la abcisa de 25 golpes, es el contenido de humedad correspondiente al límite líquido.

CASAGRANDE, encontró experimentalmente que usando papel semilogarítmico (con los contenidos de humedad en escala aritmética y el número de golpes en escala logarítmica), esta curva es una RECTA CERCA DEL LÍMITE LÍQUIDO. La ecuación de la Curva de Fluidéz es:

$$W = -F_w . \text{Log}(N) + C$$

Donde:

- W = Contenido de Humedad como porcentaje del peso seco.
- Fw = Índice de Fluidéz, pendiente de la Curva de Fluidéz, igual a la variación del contenido de humedad correspondiente a un ciclo de la escala logarítmica.

- N = Número de golpes; si N es menor de 10, aproxímese a medio golpe. Por ejemplo, si en el 6º golpe se cerró la ranura 0,63cm (1/4") y en el 7º se cerró 1,9cm (3/4"), repórtese 6,5 golpes.
- C = Constante que representa la ordenada de la abcisa de 1 golpe; se calcula prolongando el trazo de la Curva de Fluidez.

Para construir la CURVA DE FLUIDEZ sin salirse del intervalo en que puede considerarse recta, A. Casagrande, recomienda registrar valores entre los 6 y 35 golpes, determinando 6 puntos, tres entre 6 y 15 golpes y tres entre 23 y 32. Para determinar el Límite Plástico se hace rodar una pequeña porción de suelo húmedo entre la mano y un papel de filtro duro o un vidrio esmerilado, se moldean así rollitos de unos tres milímetros (1/8") de diámetro, la muestra de suelo va perdiendo agua y llega un momento en que no puede moldearse porque el suelo se agrieta o desmorona. En este momento el contenido de humedad de los rollitos es el Límite Plástico.

Para determinar el Límite de Contracción es necesario encontrar el Contenido de Humedad en el cual cesa la contracción de una masa de suelo aún cuando continúe en proceso de evaporación del agua. Un suelo muy húmedo al secarse se contrae, en el proceso de desecación la disminución de volumen sigue una ley en función de la pérdida de la humedad.

Atterberg demostró que la plasticidad de una arcilla puede descubrirse en términos de dos parámetros: el Límite Líquido y el Índice de Plasticidad; éste numéricamente igual a la diferencia de ambos. De acuerdo al Índice de plasticidad, se indica el intervalo de contenido de humedad dentro del cual el suelo tiene una condición plástica. Los suelos arenosos y los limos, en particular los de tipo de polvo de roca tienen características de un bajo Índice de Plasticidad (I.P.), en tanto, los suelos arcillosos presentan un elevado I.P. En general se puede decir, que un suelo sumamente plástico, indicado por el valor elevado de I.P., es también elevadamente compresible. También es evidente que el Índice de Plasticidad es una medida de la cohesividad con un valor alto de I.P. que indica un alto grado de cohesión. Los suelos que no tienen un Límite Plástico, como las arenas sin cohesión, se clasifican como suelos No Plásticos (N.P.).

A) EQUIPO

A.1. LIMITE LÍQUIDO

- Copa de Casagrande.
- Espátula.
- Tamiz N° 40 (0.425 mm).
- Mortero.
- Bombilla para agua.
- Cápsulas metálicas.
- Ranurador.
- Estufa.
- Balanza eléctrica.

A.2. LIMITE PLÁSTICO

- Base de tiplay.
- Espátula.
- Tamiz N° 40 (0.425 mm).
- Mortero.
- Bombilla para agua.
- Cápsulas metálicas.
- Estufa.
- Balanza eléctrica.

A.3. LIMITE DE CONTACCIÓN

- Base metálica lisa.
- Recipiente de vidrio.
- Tamiz N° 40 (0.425 mm).
- Mortero.
- Bombilla para agua.
- Crisol
- Enrasador
- Estufa.
- Balanza eléctrica.

B) PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE:

B.1. LÍMITE LIQUIDO (LL) - AASHTO T89-68, ASTM 423-66.

En campo, se extraen muestras individuales de cada estrato, en forma alterada. En laboratorio, se pulveriza la muestra por medio de un mortero estando ésta en condición de seca al aire, para luego tamizarla a través de la malla N° 40 (0,425 mm) hasta completar 250 ± 10 gr de material pasante. Se debe asegurar mediante el uso del mortero, la destrucción de todos los grumos, ya que una de las principales fuentes de error del ensayo consiste en fallar en la obtención de una muestra realmente representativa, al permitir que muchos finos se queden retenidos en los grumos en la malla N° 40.

Colocar los 250 gr. de suelo en un recipiente de porcelana, añadir una pequeña cantidad de agua y mezclar cuidadosamente con el espátula hasta lograr en el suelo un color uniforme.

Verificar que en la Copa de Casagrande la altura de caída de $1\text{cm} \pm 0,1\text{ mm}$, para luego colocar la muestra humedecida en la copa; se procede a efectuar, con el uso del ranurador, una ranura trapecial de 2 mm en el fondo, 11 mm en la parte superficial y 8 mm de altura. Enseguida, se gira la manivela a razón de dos por segundo, hasta lograr que se cierre la ranura de 30 a 33 golpes aproximadamente. Se puede ejecutar dos veces consecutivas para mejor precisión.

Logrado lo anterior, se extrae una cantidad de 10 gr como mínimo de la muestra alrededor de donde “cerró” la ranura; se coloca en una cápsula metálica y se calcula su contenido de humedad tal como lo señalado anteriormente.

Se agrega otra pequeña cantidad de agua con la bombilla a la muestra que se retira de la copa, se mezcla cuidadosamente como lo indicado en el paso 3º, se continua igual que en el paso 4º, pero esta vez, hasta lograr que la ranura cierre $1/2''$ (1,27cm) entre 23 y 26 golpes. Se repiten los pasos 3º 4º y 5º, pero para lograr el tercer punto de la

“Curva de Fluidéz”, se busca que la ranura “cierre” entre 18 a 21 golpes.

Se dibuja en papel semilogarítmico los tres puntos hallados, y por intersección de la abscisa (25 golpes), se muestra su contenido de humedad correspondiente que será el Límite Líquido buscado.

B.2. LÍMITE PLÁSTICO (LP) - AASHTO T90-70, ASTM D424-59.

En campo, se extraen muestras individuales alteradas en cada estrato.

En laboratorio, se toman 20 a 30 gr de suelo que se había preparado con anterioridad durante la ejecución de la muestra para Límite Líquido, y se divide en varios pedazos o porciones pequeñas.

Se enrolla el suelo con la mano extendida sobre una base de triplay apoyada en una superficie lisa, con presión suficiente para moldearlo en forma de cilindro o hilo de diámetro uniforme por la acción de unos 80 a 90 golpes o movimientos de la mano por minuto (un golpe es igual a un movimiento hacia adelante y hacia atrás). Cuando el diámetro del cilindro del suelo llegue a 3 mm ($1/8''$), se debe romper en pequeños pedazos y con ellos moldear nuevamente una masa que a su vez vuelvan a enrollarse. El proceso de hacer masas de suelo y enrollarlas debe continuarse alternativamente hasta cuando el cilindro de suelo se rompa bajo la presión de enrollamiento, y no permita que se enrolle adicionalmente.

Una vez logrado lo anterior, se procede a tomar dos muestras de más de 10 gr para obtención de su contenido de humedad; luego el Límite Plástico será el promedio de ambos valores.

B.3. LÍMITE DE CONTRACCION (LC) - ASTM D427

En campo, se extraen muestras individuales de cada estrato, en forma inalterada. En laboratorio, se pulveriza la muestra por medio de un mortero estando ésta en condición de seca al aire, para luego tamizarla a través de la malla N° 40 (0,425 mm) hasta completar 250 ± 10 gr de material pasante. Se debe asegurar mediante el uso del mortero, la destrucción de todos los grumos, ya que una de las principales fuentes de error del ensayo consiste en fallar en la obtención de una muestra realmente representativa, al permitir que muchos finos se queden retenidos en los grumos en la malla N° 40.

Colocar los 250 gr de suelo en un recipiente de porcelana, añadir una pequeña cantidad de agua y mezclar cuidadosamente con la espátula hasta lograr en el suelo un color uniforme. Una vez colocado el material en el crisol se golpea en una base metálica lisa con la finalidad de eliminar los vacíos dejados por el suelo en el crisol, para posteriormente enrasarla.

Se pesa el crisol con la muestra enrasada, habiéndose pesado con anterioridad el crisol vacío. Posteriormente deberá colocar en la estufa a $110^\circ \pm 5^\circ\text{C}$, aunque

previamente se ubicará en la parte superior de ésta para producir un calentamiento progresivo y evitar que la muestra se agriete.

Después de transcurridas 24 horas se retira el crisol de la estufa y se efectúa el pesado del crisol más el suelo seco. A continuación se emplea mercurio para obtener el volumen de la muestra y del crisol aplicando el Principio de Arquímedes.

Conocidos los volúmenes del crisol y de la muestra se procede a calcular la contracción con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ CONTRACCIÓN} = W - \left(\frac{V_c + V_m}{P_{ss}} \right) \times 100$$

Donde:

W = Contenido de Humedad de la muestra

V_c = Volumen del crisol

V_m = Volumen de la muestra

P_{ss} = Peso suelo seco

C) RESULTADOS

Para una mejor comprensión de los resultados mostrados y sus procedimientos para obtenerlos, ir a Anexos 4.4 – tomo 1, sección “Limite Liquido y Límite Plástico”

MUESTRA	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLÁSTICO	INDICE PLÁSTICO
C1 - M1	25.270	22.140	3.130
C2 - M1	26.640	20.730	5.910
C3 - M1	25.350	21.390	3.960
C4 - M1	24.650	16.160	8.490
C5 - M1	29.570	18.920	10.650
C6 - M1	27.170	21.240	5.930
C7 - M1	31.760	20.480	11.280
C8 - M1	26.590	21.440	5.150
C9 - M1	27.410	21.120	6.290
C10 - M1	26.380	20.770	5.610

Cuadro 4.4.2.: Resultados de Contenido de Humedad

4.4.3.3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Se denomina Análisis Granulométrico de un suelo a la división del mismo en diferentes fracciones seleccionadas por el tamaño de sus partículas componentes. Las partículas de cada fracción se caracterizan porque su tamaño se encuentra comprendido entre un valor máximo y un valor mínimo en forma correlativa para las distintas fracciones, de tal modo que el máximo de una fracción es el mínimo de lo que le sigue correlativamente.

Bajo el título de Análisis Mecánico quedan comprendidos todos los métodos para la separación de un suelo en diferentes fracciones, según sus tamaños. De tales métodos, existen dos que merecen atención especial: El Análisis Granulométrico por Tamizado y el Análisis de una Suspensión del Suelo con Hidrómetro (Densímetro). El primero será empleado para el análisis de las muestras, consiste en obtener las fracciones correspondientes a los tamaños mayores del suelo; generalmente se llega así hasta el tamaño correspondiente a la malla Nº 200 (0,074 mm). La muestra de suelo se hace pasar sucesivamente a través de un juego de tamices de aberturas descendentes hasta la malla Nº 200; los retenidos en cada malla se pesan y el porcentaje que representan con respecto al peso total de la muestra se suma a los porcentajes retenidos en todas las mallas de mayor tamaño, el complemento a 100% de esa cantidad del porcentaje de suelo que es menor que el tamaño representado por la malla en cuestión. Así, puede obtenerse un punto de la curva acumulativa correspondiente a cada abertura. El método de Análisis por Tamizado puede efectuarse directamente en suelos que contengan poco o nada de finos, como una arena limpia o un suelo en que las partículas finas se pueden separar sin dificultad de las partículas más gruesas. Los suelos secos tienen poca resistencia y pueden triturarse fácilmente entre los dedos, éstos caerán por lo general en la última categoría. Si la característica de los finos es tal que dicho material se adhiera a las partículas más gruesas y no se separe por el tamizado seco, la muestra se somete a un pre-lavado y se separa el material fino. El material retenido en la malla Nº 200 durante el proceso de lavado, se seca y se somete al tamizado.

El otro método mecánico, que hace uso del Hidrómetro (o densímetro), se basa en el hecho de que la velocidad de sedimentación de partículas en un líquido, es función de su tamaño.

Los resultados del método del TAMIZADO, suelen dibujarse en porcentajes como ordenadas (escala aritmética) y tamaño de las partículas como abcisas en escala logarítmica. La forma de la curva da inmediata idea de la distribución granulométrica del suelo; un suelo constituido por partículas de un solo tamaño estará representado por una línea vertical (pues el 100% de sus partículas, en peso, es de menor tamaño que cualquiera mayor que el suelo posea); una curva muy tendida indica gran variedad de tamaños (suelo bien graduado). Por ello, como una media simple de la uniformidad de un suelo, ALLEN HAZEN propuso el Coeficiente de Uniformidad (Cu).

$$Cu = \frac{D_{60}}{P_{10}}$$

Donde:

Cu = coeficiente de uniformidad

*D₆₀ = Tamaño tal, que el 60% en peso del suelo,
sea igual o menos*

*D₁₀ = Llamado por Hazen, diámetro efectivo, tamaño tal,
que sea igual o mayor que el 10% en peso del suelo*

En realidad es un coeficiente de No Uniformidad, pues su valor numérico decrece cuando la uniformidad aumenta. Los suelos con $Cu < 3$ se consideran muy uniformes, aún cuando las arenas naturales muy uniformes, rara vez presentan $Cu < 2$. Como dato complementario, necesario para definir la graduación, se define el coeficiente de curvatura del suelo (Cc), con la expresión:

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}}$$

Donde D30 se define análogamente a D10 y a D60 anteriores. Esta relación tiene un valor entre 1 y 3 en suelos bien graduados, con amplio margen de tamaños de partículas y cantidades apreciables de cada tamaño intermedio.

A) EQUIPO

- Juego de Tamices de 3", 2", 1 ½", 1", 3/4", 1", 3/8", N° 04, 10, 20, 40, 50, 100 y 200, además de un platillo.
- Estufa a temperatura $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Balanza eléctrica con aproximación a 0,01gr.
- Hoja de anotaciones.

B) PROCEDIMIENTO

- En campo, se extraen muestras individuales inalteradas de cada estrato.
- En laboratorio, se efectúa el lavado para desprender el material fino del grueso, se coloca a la estufa para su secado a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas. La cantidad de muestra a tomar está en función del tipo de material, en nuestro caso por ser material fino se toma 500gr.
- Efectuado el secado, se procede a tamizar la muestra retenida en la malla N° 200, previamente pesada, los tamices se ordenan de mayor a menor, de arriba hacia abajo colocando el platillo en la parte interior. Se procede a efectuar el tamizado manual por espacio de 10 minutos alternando la forma de agitación, de modo que los granos sean impulsados continuamente a pasar a través de las mallas. No es aconsejable mantener un ritmo uniforme durante la agitación.
- Se pesa el material retenido en cada malla y se suman estos valores. La variación con el peso obtenido en el paso 3° no debe ser mayor que el 2% para considerarse un ensayo satisfactorio.
- Se procede a dibujar la Curva Granulométrica y obtener los parámetros antes mencionados.

C) RESULTADOS

Para una mejor comprensión de los resultados mostrados y sus procedimientos para obtenerlos, ir a Anexos 4.4 – tomo 1, sección "Análisis granulométrico"

MUESTRA	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	CLASIFICACIÓN AASHTO
C1 - M1	SW - SM	A - 1 - a (0)
C2 - M1	CL - ML	A - 4 (1)
C3 - M1	CL - ML	A - 4 (1)
C4 - M1	GC	A - 2 - 4 (0)
C5 - M1	GC	A - 2 - 6 (0)
C6 - M1	CL - ML	A - 4 (1)
C7 - M1	CL	A - 6 (4)
C8 - M1	GW - GM	A - 1 - a (0)
C9 - M1	CL - ML	A - 4 (1)
C10 - M1	GW - GM	A - 1 - a (0)

Cuadro 4.4.3.: Resultados de análisis granulométrico.

4.4.3.4. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE SAL

La presencia de sal en un suelo tiene efecto perjudicial cuando entra en contacto con el concreto armado, de allí la importancia que tiene que tiene la determinación del porcentaje de sal, que se obtiene en función de un volumen de agua destilada igual en peso al de la muestra a ensayar. Se tiene como recomendación práctica que porcentaje de presencia de sal mayor a 0.30% requieren de ensayos químicos para la determinación de la naturaleza de las sales incluidas en un suelo y, por ende, tienen efecto de mayor consideración que se minimizan usando un adecuado tipo de cemento, el porcentaje de sal será:

$$\% \text{ SAL} = \left[\frac{(W_{CAP+SAL}) + (W_{CAP})}{(W_{CAP+SAL+SUELO}) - (W_{CAP+SAL})} \right] * 100$$

A) EQUIPO

- Recipientes plásticos
- Jeringa
- Tapas de vidrio
- Balanza mecánica de aproximación al 0,10gr.
- Cápsulas metálicas

- Estufa
- Destilador
- Hojas de anotaciones

B) PROCEDIMIENTO

- En campo, se extraen muestras individuales alteradas de cada estrato.
- En laboratorio, se obtienen las muestras secas al aire, tomándose 500gr de cada una de ellas.
- Se pesa 500gr de agua destilada y se le agrega a cada una de las muestras depositadas en los recipientes plásticos. Se mantiene en reposo durante 72 horas, tapando los recipientes con vidrio para evitar la evaporación.
- Pasadas las 72 horas, se extrae el agua con una jeringa (evitando succionar los finos); se coloca en cápsulas metálicas previamente pesadas (WCAP), para una vez llenas éstas, pesarlas (WCAP+SUELO+SAL). Finalmente colocarlas en la estufa con la finalidad de que se evapore el agua.
- Se pesa nuevamente la cápsula que sólo deberá contener la sal (WCAP+SAL).

C) RESULTADOS

Para una mejor comprensión de los resultados mostrados y sus procedimientos para obtenerlos, ir a Anexos 4.4 – tomo 1, sección “Determinación del porcentaje de sal”

MUESTRA	CONTENIDO DE SALES (%)
C1 - M1	0.024
C2 - M1	0.026
C3 - M1	0.019
C4 - M1	0.023
C5 - M1	0.015
C6 - M1	0.020
C7 - M1	0.031
C8 - M1	0.029
C9 - M1	0.015
C10 - M1	0.012

Cuadro 4.4.4.: Determinación del porcentaje de sal.

4.4.3.5. ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PRÓCTOR MODIFICADO)

Este ensayo también llamado de Compactación, que es un proceso mecánico por el cual se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo-deformación de los suelos; por lo general, el proceso implica una reducción más o menos rápida de los vacíos, como consecuencia de lo cual en los suelos ocurren cambios de volumen de importancia, fundamentalmente ligadas a pérdidas de volumen de aire, pues por lo general no se expulsa agua de los huecos durante el proceso de compactación. No todo el aire sale del suelo, por lo que la condición de un suelo compactado es la de un suelo parcialmente saturado. El objetivo general de la compactación es obtener un suelo de tal manera estructurado que posea y mantenga un comportamiento mecánico adecuado a través de toda la vida útil de la obra.

Para la obtención de las relaciones Humedad-Densidad (peso unitario seco) existen varios métodos, todos los cuales apuntan a reproducir la densidad que se obtienen en obra con equipo mecánico especial, llámese: aplanadoras, rodillos lisos o de llantas, rodillos “pata de cabra” y vibroflotadores, ya que a fin de que el material a compactarse alcance la mayor densidad posible en el terreno, deberá tener una humedad adecuada en el momento de la compactación. Esta humedad se llama HUMEDAD ÓPTIMA y la densidad obtenida se conoce con el nombre de MÁXIMA DENSIDAD SECA DE UN SUELO. Entre los métodos que existen se pueden mencionar: dinámicos, estáticos, compactación por amasado, compactación por vibración y métodos especiales.

En nuestro caso se ha aplicado el Método Dinámico de PROCTOR MODIFICADO, o “AASHTO Modificado”; éste tiene por objeto determinar la relación entre el contenido de humedad y la densidad de los suelos compactados en un molde de dimensiones dadas, empleando un apisonador de 101 lb (4.54 Kg) que se deja caer libremente desde una altura de 18 pulgadas (45,7 cm). A continuación se indican los cuatro procedimientos para este método:

- MÉTODO A: Molde de 4 pulgadas (10,16 cm) de diámetro. El suelo pasa por el tamiz N° 04 (4,75mm).
- MÉTODO B: Molde de 6 pulgadas (15,24 cm) de diámetro. El suelo pasa por el tamiz N° 04 (4,75mm).

- MÉTODO C: Molde de 4 pulgadas (10,16 cm) de diámetro. El suelo pasa por el tamiz de 3/4".
- MÉTODO D: Molde de 6 pulgadas (15,24 cm) de diámetro. El suelo pasa por el tamiz de 3/4".

En nuestro caso se ha empleado el Método A, de acuerdo al tipo de suelo (arenas mayormente).

A) EQUIPO

- Molde cilíndrico de compactación de 6" de diámetro.
- Apisonador de 101b (4,54 Kg)
- Enrasador
- Tamiz de 3/4" (19,00 mm)
- Cuchillo
- Depósitos plásticos
- Cápsulas metálicas
- Balanza de aproximación a 1 gramo
- Estufa a temperatura $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Hoja para anotaciones

B) PROCEDIMIENTO

- En campo, se obtiene una muestra compuesta alterada.
- En laboratorio, se efectúa según el Método A y B de acuerdo al caso, por ello el primer paso será tomar una muestra seca al aire de 6 Kg de peso, tamizada por la malla N° 4".
- Se mezcla la muestra representativa con una cantidad de agua, aproximadamente el 2%, de tal forma de humedecer toda la muestra.
- Se compacta la muestra en 5 capas estando el molde con el collar ensamblado, con 56 golpes cada una de ellas; el golpe del apisonador se distribuirá uniformemente sobre la superficie que se compacta. Compactada la quinta capa se retira el collar y se enrasa tapando los huecos que quedasen en la superficie. La altura de caída será de 18" (45,7cm) con respecto al nivel de enrase del molde, el que se encontrará apoyado sobre una superficie uniforme,

rígida y nivelada. Se retira el molde con la muestra y se obtiene su peso ($W_{MOLDE+SUELO}$), luego se retira una muestra del interior del molde para la obtención de su contenido de humedad. Conocido el peso de la muestra y el volumen de la misma, además del contenido de humedad (W) se puede obtener un punto de la curva de compactación, es decir, Densidad Seca vs Contenido de Humedad, de la siguiente forma:

$$DENSIDAD\ HÚMEDA = \left[\frac{(W_{MOLDE+SUELO}) + (W_{SUELO})}{VOLUMEN\ DE\ MOLDE} \right]$$

$$DENSIDAD\ SECA = \left[\frac{DENSIDAD\ HÚMEDA}{1 + W} \right]$$

- Se repite el paso 4º; antes se desmenuza el suelo anteriormente compactado, incrementando en el contenido de humedad 1 ó 2% la humedad del suelo a ensayar.
- Se continúa hasta que se note una disminución en el peso unitario seco o densidad, o hasta que el suelo no se vuelva francamente húmedo y presente exceso de humedad.
- Se grafica la curva de compactación en escala aritmética en los ejes, hallando la máxima densidad seca y su óptimo contenido de humedad.

C) RESULTADOS

Para una mejor comprensión de los resultados mostrados y sus procedimientos para obtenerlos, ir a Anexos 4.4 – tomo 1, sección “Ensayo de compactación (próctor modificado)”

4.4.3.6. DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)

El ensayo de California Bearing Ratio (CBR), llamado también Relación de Soporte de California, Valor Portante de California, Valor Relativo de Soporte Estándar, Índice de California o Índice CBR. Este ensayo (la ASTM lo denomina simplemente Ensayo de Relación de Soporte) mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas en comparación con la resistencia que ofrecen un material de piedra triturada estandarizado.

Dado que el comportamiento de los suelos varía de acuerdo con su “grado de alteración”, con su granulometría y sus características físicas, el método a seguir para determinar el CBR será diferente en cada caso, así se tiene:

- Determinación del CBR de suelos Perturbados y Remoldeados.
- Determinación del CBR de suelos Inalterados.
- Determinación del CBR in situ.

Para aplicación en el presente proyecto se usará el Método 1, dado que se contó con muestras alteradas. El método comprende tres pasos que son:

Determinación de la Máxima Densidad Seca y Óptimo Contenido de Humedad:

Se obtiene de la curva de compactación elaborada por medio del ensayo de Determinación de la Relación Densidad Humedad, enunciado en el acápite anterior.

Determinación de las Propiedades Expansivas del Material:

Consiste en dejar empapar en agua durante un período de 96 horas (4 días) tres moldes compactados según el Método AASHTO T180-70 “Proctor Modificado”, con la variante siguiente: el primer molde con 56 golpes cada capa, el segundo con 25 golpes cada capa y el tercero con 12 golpes cada capa. Todos los moldes serán de diámetro interior de 6” (15,24 cm) y altura de 8” (20.00 cm), con un disco espaciador colocado en la base. Además, a cada uno de ellos se les colocará una sobrecarga consistente en dos placas de 5 Lb (2,25 kg) de peso cada una, que aproximadamente representa el peso de un pavimento de concreto hidráulico de 12,5cm de espesor; por lo que en los pavimentos flexibles el peso de dichas placas debe corresponder aproximadamente al peso combinado de la sub base, base y carpeta asfáltica. Luego, cada 24 horas, se debe medir la expansión producida en el material a través de un trípode y un extensómetro, dando como resultado final una expansión en función de la altura de la muestra expresada en porcentaje. Una expansión de 10% corresponde aproximadamente a los suelos malos, ya sean demasiado arcillosos y los orgánicos, en cambio, un suelo con expansiones menores del 3% tienen características de subrasante buena.

Determinación de CBR, propiamente:

Después de saturada la muestra durante 4 días, se sacan los moldes del agua y se someten a la prensa para medir la resistencia a la penetración, mediante la introducción de un pistón de 19,35 cm² (3 pulgadas cuadradas) se sección circular. Antes de empezar la prueba de Penetración debe asentarse el pistón sobre la superficie de la muestra con una carga inicial de 10Lb (4,5 Kg) y luego colocar el extensómetro en cero. Enseguida se procede a la aplicación lenta del pistón con cargas continuas, las que se anotan para las siguientes penetraciones 0,64 mm (0,03"); 1,27 mm (0,05"), 1,91 mm (0,08"), 2,54 mm (0,10"), 3,18 mm (0,13"), 3,81mm (0,15"), 4,45 mm (0,18"), 5,08 mm (0,20"), 7,62 mm (0,30"), 10,16 mm (0,40"), 12,70 mm (0,50"). Se busca la carga que produjo la deformación de 0,10" y 0,20", en relación con la carga que produce las mismas deformaciones en la piedra triturada estándar, expresada en porcentaje. Éstos serán los valores CBR a definir para el suelo, con el siguiente criterio: que el CBR determinado a partir de los valores portantes para penetración de 0,20" no debe diferir en más de 1 ó 2% del correspondiente a una penetración de 0,10"; si no es así, debe repetirse el ensayo, y si siempre se obtiene para 0,2" un valor superior de CBR, éste es el que debe tomarse como CBR del suelo.

A) EQUIPO

- Para la compactación de los moldes se usa: Molde Metálico, Cilíndrico y de Acero con diámetro interior 6"(15,00 cm) y altura 8"(20 cm); Collarín Metálico de 2"(5 cm) de alto con base perforada; Disco espaciador de acero y 5 15/16" de diámetro con 2,5" de altura; Apisonador, Martillo de 10 lb (4,50 Kg) con altura de caída libre de 18" (45,7cm).
- Para medir el hinchamiento o expansión del suelo: Trípode y Extensómetro con aproximación de 0,001", montado sobre un trípode; Pesas, como sobre carga de plomo, cada una de ellas de 5 Lb (2,25 Kg) de peso; Tanque con agua para sumergir las muestras.
- Para la Prueba de Penetración: Pistón cilíndrico de acero de 19,35 cm² (3 pulg²) de sección con longitud suficiente para poder pasar a través de las pesas y penetrar el suelo hasta ½ pulgada; aparato para aplicar la carga, como una

prensa hidráulica que permita aplicar la carga a una velocidad de 0,05 pulgada/minuto.

- Equipo Mixto: Tamiz de Ø 3/4", bandeja, cucharón, martillo de goma, cuchillo enrasador, balanza de aproximación a 0,01gr y 1gr, estufa a temperatura 110° Ø 5°C, depósitos plásticos, etc.

B) PROCEDIMIENTO

- En campo, se obtiene una muestra compuesta alterada en cada calicata.
- En laboratorio, se seca al aire la muestra, luego se extrae para ensayar por cuarteo (6 Kg), debidamente tamizada por la malla de Ø 3/4", para cada molde.
- Conociendo el valor del óptimo contenido de humedad y la humedad natural que presenta en ese momento la muestra, se calcula el agua que añadirá con la siguiente expresión:

$$AGUA_{CBR} = \left[\frac{W_{MUESTRA}}{1 + HH} \right] * \left[\frac{OH - HH}{100} \right]$$

Donde:

$W_{MUESTRA}$ = peso de la muestra, en este caso 6 kg

OH = óptimo contenido de humedad.

HH = Contenido de humedad de la muestra.

- Se mezcla la muestra preparada con la cantidad de agua determinada en la fórmula (4.19), de tal forma que se produzca una mezcla uniforme. Se compacta el primer molde, colocando primero el disco espaciador y un papel de filtro en 5 capas con 56 golpes de martillo cada una, colocado el collarín metálico previamente, se retira éste y se enrasa la muestra, rellenando los huecos que quedan en la superficie con el mismo material, apisonándolo con un martillo de goma. Enseguida, se pesa el molde incluida la muestra ($WMOLDE + MUESTRA$), conociendo de antemano el peso del molde ($WMOLDE$) y el volumen ocupado por la muestra dentro del molde ($MUESTRA$), se determina la densidad húmeda del material con la siguiente expresión:

$$\gamma_{CBR} = \left[\frac{(W_{MUESTRA+MOLDE}) - (W_{MOLDE})}{V_{MUESTRA}} \right]$$

Se procede de manera similar con el segundo y tercer molde, pero con el segundo se compacta con 25 golpes/capa y el tercero con 12 golpes/capa.

- Se coloca encima del material compactado un papel filtro, sobre éste se coloca una placa perforada, que es un vástago graduable, además de dos placas con agujero central con peso 5 Lb (2,25 Kg) cada una, que representará la sobrecarga. Sobre el vástago de la placa perforada se coloca un extensómetro montado en un trípode, registrando la lectura inicial. Efectuado lo anterior, se sumerge el molde en agua, en un recipiente a nivel del molde superior del molde, dando inicio así a la prueba de expansión y tomando lecturas cada 24 horas en el extensómetro. Posteriormente se calcula el porcentaje de expansión, dividiendo la expansión producida en 24 horas entre la altura de la muestra y multiplicada por 100. Este procedimiento se realiza para los tres moldes.
- Después de saturada la muestra, se le retira el extensómetro cuidadosamente; se inclina el molde para que escurra el agua (teniendo cuidado de que no se salgan las pesas). Así volteado debe permanecer durante 15 minutos. Luego se retiran las pesas, el disco y el papel filtro y se pesa la muestra con el molde (repitiendo el cálculo efectuado en la expresión 3.83). Se procede luego con la prueba de la Penetración, llevando el molde a la prensa y asentando el pistón sobre la superficie de la muestra con una carga de 4,5 Kg (10 Lb); inicialmente se coloca el extensómetro en cero. Se procede a la aplicación lenta (0,05 pulg/minuto) del penetrómetro, anotando en el micrómetro de cargas lecturas para las penetraciones ya fijadas hasta llegar a 12,7 mm (0,50"). Haciendo uso de la constante del penetrómetro, se transforman las lecturas de carga en cargas medidas en libras; éstas se transforman a esfuerzos, dividiéndolas por el área del pistón (3 pulgadas cuadradas).
- Se calcula el CBR de cada molde para penetraciones de 2,54 mm (0,10") y 5,08 mm (0,20"), con la siguiente expresión:

$$CBR = \left[\frac{\text{Carga Unitaria de Ensayo } (\frac{lb}{pulg^2})}{\text{Carga Unitaria Patrón}} \right] * 100 (\%)$$

- Se expresó anteriormente que la variación entre estos dos valores no debe ser mayor de 2%.
- Para mayor precisión, en la obtención del CBR de la muestra, se elabora la Curva Esfuerzo-Deformación para cada molde, encontrando en éstas el valor de esfuerzo (Lb/pulg²) para penetraciones de 0,10" y 0,20".
- Se calcula la densidad seca, conociendo el contenido de humedad de cada muestra (W), con la siguiente fórmula:

$$\gamma_{SECA} = \frac{\gamma_{HUMEDAD}}{1 + W}$$

- Se grafica la Curva Densidad Seca vs CBR, adoptando como valor de CBR de la muestra el correspondiente a la Máxima Densidad Seca, valor obtenido en el Ensayo Relación Humedad-Densidad de un Suelo, reducido a un 95%, cuando la penetración sea de 0,20".

C) RESULTADOS

Para una mejor comprensión de los resultados mostrados y sus procedimientos para obtenerlos, ir a Anexos 4.4 – tomo 1, sección “CBR”

CALICATA	CBR %
Nº 01	12.2
Nº 02	12.01
Nº 03	11.80
Nº 04	11.93
Nº 05	12.00
Nº 06	11.79
Nº 07	11.62
Nº 08	12.4
Nº 09	13.4
Nº 10	14.02

Cuadro 4.4.5.: Resultados de los CBR

4.5. ESTUDIO DE CANTERAS

Uno de los costos más importantes en la construcción y mantenimiento de vías terrestre, corresponde a los materiales: roca, grava, arena y otros suelos, por lo que su localización y selección se convierte en una de los problemas básicos del Ingeniero Civil, en conexión estrecha con el geólogo.

Existen dos formas para detectar canteras, ya sea a través de métodos exploratorios comunes, desde la simple observación sobre el terreno, hasta el empleo de pozos a cielo abierto, posteadoras, barrenos y máquinas perforadoras; o a través de estudios geofísicos, que en épocas recientes han alcanzado una gran potencialidad por ahorrar tiempo, esfuerzo humano y mucha exploración.

Es necesario establecer diferencias entre Bancos de Roca y los de Suelo, ya que los de Roca pueden presentarse con diversos grados de alteración o el material que se encuentre puede ser mixto, en el sentido de contener tanto formaciones rocosas como auténticos suelos. Además, existen dos puntos principales a tomar en cuenta, el primero se refiere a los cambios físicos que la roca puede sufrir por fragmentación durante la extracción, manejo o durante la colocación; el segundo es respecto a la alteración físico-química que puede presentarse durante la vida útil de la obra. En los casos de Bancos de Suelos, estos mismos factores deben considerarse, aunque revisten menos importancia, pues los suelos seguramente han sufrido ya sus transformaciones físico-químicas importantes durante su proceso de descomposición que les dio existencia a partir de la roca madre.

4.5.1. LOCALIZACIÓN DE CANTERAS

Se define como canteras, al afloramiento rocoso del que se extrae piedras, gravas, arenas, etc.; para ser utilizados como material de construcción. Estos yacimientos deberán cumplir ciertas exigencias, como de calidad y cantidad. La calidad se evalúa por medio de las características físicas y mecánicas de sus partículas, valiéndose en este caso del análisis granulométrico, y de los límites de plasticidad; para clasificarlo como excelente, bueno o malo como material de construcción.

La cantidad se sustenta en la potencia del yacimiento, que permita y asegure el volumen necesario para ser utilizado en tal o cual obra.

Teniendo en cuenta la calidad y cantidad necesaria para la obra que se proyecte, es necesario elegir cuidadosamente las canteras que se encuentran en el medio,

para que al final podamos evaluar y decidir la cantera que combinado en criterio técnico y económico, resulte el mejor.

Es necesario localizar las canteras de tal manera que:

- Tengan una distancia mínima de transporte del material a la obra, que permita aminorar los costos.
- Los materiales de cantera no requieran tratamiento especial para ser utilizados, salvo tamizados.
- Las canteras deben ser utilizadas de manera que su explotación no conlleve a problemas legales que perjudique a los habitantes de la región.

Para la ubicación de canteras nos hemos valido de la información proporcionada por los pobladores de la zona. la experiencia de profesionales en el área de la construcción, éstas presentan antecedentes de explotación para cubrir los requerimientos de los materiales de las obras que se han ejecutado en la zona cuyo resultado reflejan su buena calidad.

DATOS	CANTERA LA VICTORIA
UBICACIÓN	Carretera Chiclayo - Chongoyape
POTENCIA	100,000 tn
EXPLOTACIÓN	Herramienta de mano
ACCESO	Trocha
FORMA	Angular
OBSERVACIONES	En explotación

Cuadro 4.5.1: Cantera cercana al proyecto

La exploración de una zona en la que se pretenda establecer un Banco de Materiales debe tener las siguientes metas:

- Determinación de la naturaleza del depósito, incluyendo toda la información que sea dable obtener sobre su geología, historia de exploraciones previas, relaciones con escurrimiento de agua superficial, etc.

- Profundidad, espesor, extensión y composición de los estratos de suelos o rocas que se pretenda explotar.
- Situación de agua subterránea, incluyendo posiciones y variaciones del nivel freático.
- Obtención de toda la información posible sobre las propiedades de los suelos y las rocas, los usos que de ellos se haya hecho, etc.

4.5.2. METODOLOGÍA

Para el estudio de canteras se ha tenido en cuenta las siguientes actividades:

- Reconocimiento de campo dentro del área de influencia del proyecto, para identificar aquellos lugares considerados como probable fuente de materiales.
- Elaboración de un programa de exploración de campo.
- Se hizo una descripción: tipo de material encontrado, clasificación técnica; forma del material granular; color; porcentaje estimado de bolonería y presencia de material orgánico, extrayéndose muestras alteradas representativas para su evaluación en el laboratorio.
- Ensayos de laboratorio con el objeto de conocer las características y usos del material de canteras para la sección proyectada del pavimento.

4.5.3. TRABAJO DE CAMPO

Estos trabajos consistieron en la toma de muestras del material excavado por personal de la cantera para su posterior estudio.

- En campo se realizó una evaluación de los materiales, determinándose la granulometría integral de los agregados existentes, con el fin de determinar, el tamaño máximo de los agregados mayores a 2 pulgadas (bloque y bolones), % de gravas menores a 2 pulgadas y % de arenas, con el fin de hallar rendimientos de la cantera para cada uno de sus usos.
- La clasificación del material menor de 2 pulgadas de diámetro, se determinó en laboratorio mediante el análisis granulométrico de las muestras alteradas representativas de la calicata.

4.5.4. ENSAYOS DE LABORATORIO

Para determinar las características, propiedades y calidad del material final, así como el uso de la cantera, se realizaron los ensayos de clasificación y calidad de varias dosificaciones en laboratorio hasta obtener un material que cumpla con los requisitos mínimos (60% hormigón + 40% arcilla), considerando las normas técnicas que se presentan en la relación siguiente, de acuerdo a las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG-2014) del MTC.

- Determinación del Contenido de Humedad (A.S.T.M D-2216)
- Análisis Granulométrico Por tamizado (A.S.T.M.D-4318)
- Límite Líquido e Índice de Plasticidad (A.S.T.M.D-4318)
- Clasificación de Suelos Sistema (AASHTO - A.S.T.M.D-3282)
- Clasificación de Suelos Sistema (SUCS - A.S.T.M.D-2487)
- Sales Solubles Totales (A.S.T.M D-1888)
- Proctor Modificado (compactación) (A.S.T.M.D-1557)
- Razón de Soporte California C.B.R. (A.S.T.M.D-1883)
- Abrasión Máquina de los Ángeles (A.S.T.M.C-131)

4.5.5. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

Suelos identificados en el sistema AASHTO, como A - 1- a (0), gravas limosas, mezcla de gravas, arena y limo de baja plasticidad. Clasificación AASHTO = A-1-a (0)

- Clasificación SUCS = GW - GM
- CBR al 100 % M. D. = 72.35 %
- CBR al 95 % M.D. = 60.30 %
- Máxima Densidad = 2.18 gr/cm³

- Humedad Óptima = 7.16 %
- Límite Líquido = 26.22 %
- Límite Plástico = 20.16 %
- Índice Plástico = 6.06 %
- Humedad Natural = 1.14 %
- Porcentaje de Sales solubles = 0.104%
- Abrasión = 22.10 %

4.6. ESTUDIO HIDRAULICO

Para realizar el estudio hidráulico, se procedió a ir a la Institución competente, donde nos brindan la información correspondiente para el proceso del análisis de datos y obtención de resultados tales como se muestran a continuación.

Además, la estación más cercana a nuestro proyecto, está ubicada en el “Centro de Esparcimiento de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo”, lugar de inicio de nuestro proyecto y donde la tiene a cargo la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, bajo el nombre de “Estación Meteorológica”

A continuación se presenta la información brindada de los años 1982 hasta el 2010.

INFORMACIÓN METEREOLÓGICA DE LA ESTACIÓN LAMBAYEQUE

Estación : Lambayeque

Latitud : 06° 42' 00" S

Departamento : Lambayeque

N° : 334

Longitud : 79° 54' 00" O

Provincia : Lambayeque

Categoría : CO

Altitud : 18.00 msnm

Distrito : Lambayeque

Parámetro : Precipitación Máxima en 24 h (mm)

AÑO	Pmáx. 24hrs (mm)	I24 (mm/hr)	INTENSIDAD HISTORICA (mm/hr)				
			Duración de lluvia en minutos				
			5	10	30	60	120
1982	1.3	0.054	0.919	0.65	0.375	0.265	0.188
1983	63.6	2.65	44.972	31.8	18.36	12.982	9.18
1984	6.2	0.258	4.384	3.1	1.79	1.266	0.895
1985	4.6	0.192	3.253	2.3	1.328	0.939	0.664
1986	8.5	0.354	6.01	4.25	2.454	1.735	1.227
1987	3.8	0.158	2.687	1.9	1.097	0.776	0.548
1988	2.1	0.088	1.485	1.05	0.606	0.429	0.303
1989	3.4	0.142	2.404	1.7	0.981	0.694	0.491
1990	2	0.083	1.414	1	0.577	0.408	0.289
1991	0.9	0.038	0.636	0.45	0.26	0.184	0.13
1992	14.2	0.592	10.041	7.1	4.099	2.899	2.05
1993	13.3	0.554	9.405	6.65	3.839	2.715	1.92
1994	16.1	0.671	11.384	8.05	4.648	3.286	2.324
1995	5.7	0.238	4.031	2.85	1.645	1.164	0.823

1996	2	0.083	1.414	1	0.577	0.408	0.289
1997	10.5	0.438	7.425	5.25	3.031	2.143	1.516
1998	71.3	2.971	50.417	35.65	20.583	14.554	10.291
1999	20.1	0.838	14.213	10.05	5.802	4.103	2.901
2000	2.5	0.104	1.768	1.25	0.722	0.51	0.361
2001	40.8	1.7	28.85	20.4	11.778	8.328	5.889
2002	15.2	0.633	10.748	7.6	4.388	3.103	2.194
2007	2.4	0.1	1.697	1.2	0.693	0.49	0.346
2008	11.7	0.488	8.273	5.85	3.377	2.388	1.689
2009	5.7	0.238	4.031	2.85	1.645	1.164	0.823
2010	17.1	0.713	12.092	8.55	4.936	3.491	2.468
Desv. Est.	18.3648	0.7652	12.9859	9.1824	5.3015	3.7487	2.6507
Promedio	13.8	0.575	9.7581	6.9	3.9837	2.8169	1.9919

Cuadro 4.6.1: Información meteorológica de la estación Lambayeque.

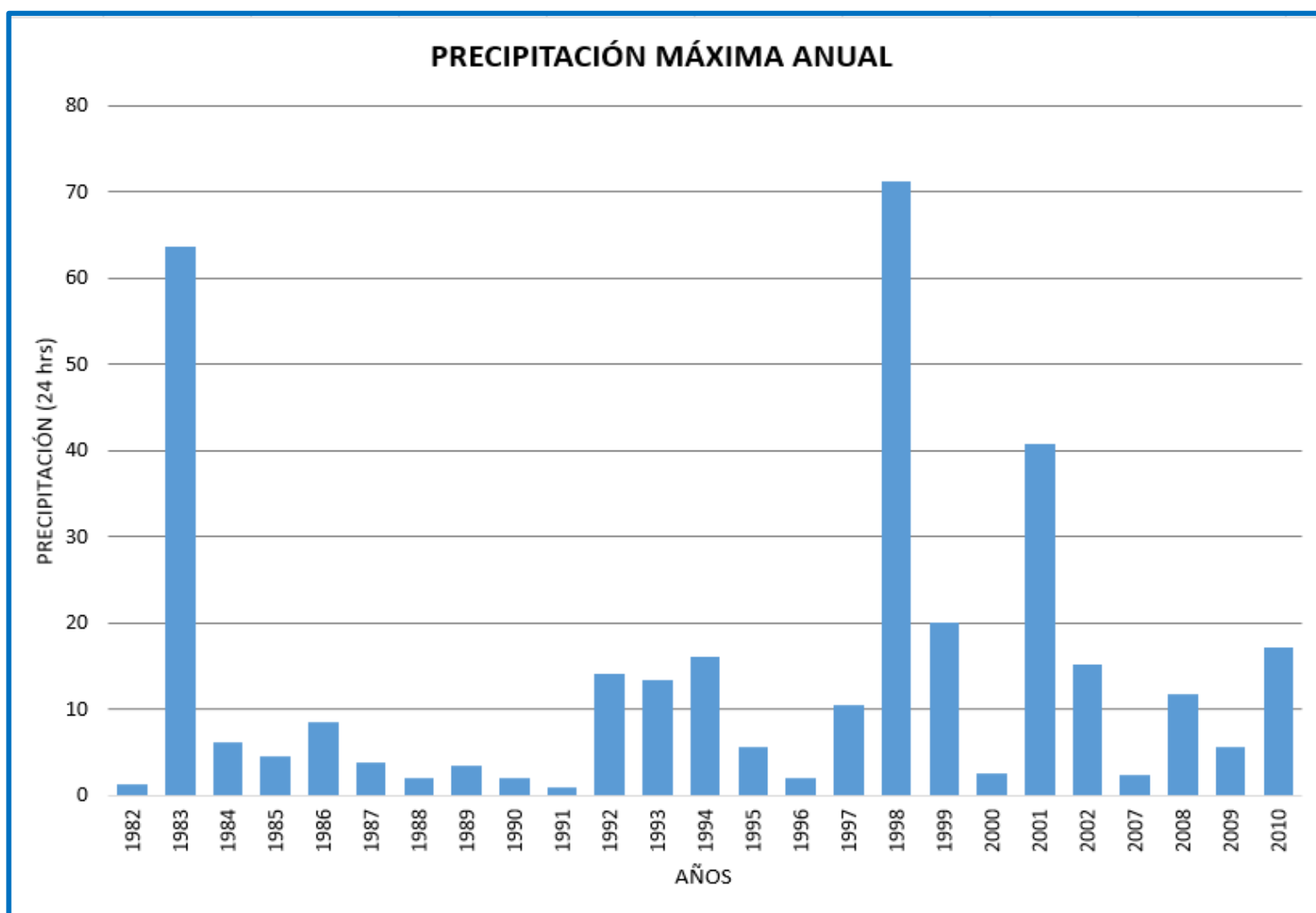


Gráfico 4.6.1: Precipitación máxima anual.

MODELO GUMBEL PARA 5 MINUTOS

$X_p : 16.7856$

$S_x : 16.7856$

$\alpha = 0.0856$ (Parámetro de concentración)

$\beta = 10.0407$ (Parámetro de localización)

m	Intensidades	$P(x < X)$	$P(x < X)$	$F(x < X)$	$[P(x < X) - F(x < X)]$	Tr años
1	50.42	0.071	0.929	0.969	0.0403	14
2	44.97	0.143	0.857	0.951	0.0938	7
3	28.85	0.214	0.786	0.819	0.033	4.67
4	14.21	0.286	0.714	0.497	0.2176	3.5
5	12.09	0.357	0.643	0.432	0.2107	2.8
6	11.38	0.429	0.571	0.41	0.1613	2.33
7	10.75	0.5	0.5	0.39	0.1099	2
8	10.04	0.571	0.429	0.368	0.0607	1.75
9	9.4	0.643	0.357	0.348	0.0093	1.56
10	8.27	0.714	0.286	0.312	0.0267	1.4
11	7.42	0.786	0.214	0.286	0.072	1.27
12	6.01	0.857	0.143	0.244	0.1008	1.17
13	4.38	0.929	0.071	0.197	0.1259	1.08
14	4.03	1	1	0.188	0.8122	1
15	4.03	1.071	1.071	0.188	0.8837	0.93
16	3.25	1.143	1.143	0.167	0.9755	0.88
17	2.69	1.214	1.214	0.153	1.0611	0.82
18	2.4	1.286	1.286	0.146	1.1394	0.78
19	1.77	1.357	1.357	0.131	1.2258	0.74
20	1.7	1.429	1.429	0.13	1.2988	0.7
21	1.48	1.5	1.5	0.125	1.375	0.67
22	1.41	1.571	1.571	0.123	1.448	0.64
23	1.41	1.643	1.643	0.123	1.5194	0.61
24	0.92	1.714	1.714	0.113	1.6015	0.58
25	0.64	1.786	1.786	0.107	1.6788	0.56
MAX $[P(x < X) - F(x < X)]$:					1.6788	

Cuadro 4.6.2: Modelo Gumbel para 5 minutos

MODELO GUMBEL PARA 10 MINUTOS

$X_p : 11.8692$

$S_x : 10.5974$

$\alpha = 0.1210$

$\beta = 7.0999$

m	Intensidades	$P(x < X)$	$P(x < X)$	$F(x < X)$	$[P(x < X) - F(x < X)]$	Tr años
1	35.65	0.071	0.929	0.969	0.0403	14
2	31.8	0.143	0.857	0.951	0.0938	7
3	20.4	0.214	0.786	0.819	0.033	4.67
4	10.05	0.286	0.714	0.497	0.2176	3.5
5	8.55	0.357	0.643	0.432	0.2107	2.8
6	8.05	0.429	0.571	0.41	0.1613	2.33
7	7.6	0.5	0.5	0.39	0.1099	2
8	7.1	0.571	0.429	0.368	0.0607	1.75
9	6.65	0.643	0.357	0.348	0.0093	1.56
10	5.85	0.714	0.286	0.312	0.0267	1.4
11	5.25	0.786	0.214	0.286	0.072	1.27
12	4.25	0.857	0.143	0.244	0.1008	1.17
13	3.1	0.929	0.071	0.197	0.1259	1.08
14	2.85	1	1	0.188	0.8122	1
15	2.85	1.071	1.071	0.188	0.8837	0.93
16	2.3	1.143	1.143	0.167	0.9755	0.88
17	1.9	1.214	1.214	0.153	1.0611	0.82
18	1.7	1.286	1.286	0.146	1.1394	0.78
19	1.25	1.357	1.357	0.131	1.2258	0.74
20	1.2	1.429	1.429	0.13	1.2988	0.7
21	1.05	1.5	1.5	0.125	1.375	0.67
22	1	1.571	1.571	0.123	1.448	0.64
23	1	1.643	1.643	0.123	1.5194	0.61
24	0.65	1.714	1.714	0.113	1.6015	0.58
25	0.45	1.786	1.786	0.107	1.6788	0.56
MAX $[P(x < X) - F(x < X)]$:					1.6788	

Cuadro 4.6.3: Modelo Gumbel para 10 minutos

MODELO GUMBEL PARA 30 MINUTOS

$X_p : 6.8527$

$S_x : 6.1184$

$\alpha = 0.2096$

$\beta = 4.0991$

m	Intensidades	$P(x < X)$	$P(x < X)$	$F(x < X)$	$[P(x < X) - F(x < X)]$	Tr años
1	20.58	0.071	0.929	0.969	0.0403	14
2	18.36	0.143	0.857	0.951	0.0938	7
3	11.78	0.214	0.786	0.819	0.033	4.67
4	5.8	0.286	0.714	0.497	0.2176	3.5
5	4.94	0.357	0.643	0.432	0.2107	2.8
6	4.65	0.429	0.571	0.41	0.1613	2.33
7	4.39	0.5	0.5	0.39	0.1099	2
8	4.1	0.571	0.429	0.368	0.0607	1.75
9	3.84	0.643	0.357	0.348	0.0093	1.56
10	3.38	0.714	0.286	0.312	0.0267	1.4
11	3.03	0.786	0.214	0.286	0.072	1.27
12	2.45	0.857	0.143	0.244	0.1008	1.17
13	1.79	0.929	0.071	0.197	0.1259	1.08
14	1.65	1	1	0.188	0.8122	1
15	1.65	1.071	1.071	0.188	0.8837	0.93
16	1.33	1.143	1.143	0.167	0.9755	0.88
17	1.1	1.214	1.214	0.153	1.0611	0.82
18	0.98	1.286	1.286	0.146	1.1394	0.78
19	0.72	1.357	1.357	0.131	1.2258	0.74
20	0.69	1.429	1.429	0.13	1.2988	0.7
21	0.61	1.5	1.5	0.125	1.375	0.67
22	0.58	1.571	1.571	0.123	1.448	0.64
23	0.58	1.643	1.643	0.123	1.5194	0.61
24	0.38	1.714	1.714	0.113	1.6015	0.58
25	0.26	1.786	1.786	0.107	1.6788	0.56
MAX $[P(x < X) - F(x < X)]$:					0.2176	

Cuadro 4.6.4: Modelo Gumbel para 30 minutos

MODELO GUMBEL PARA 60 MINUTOS

$X_p : 4.8456$

$S_x : 4.3264$

$\alpha = 0.2964$

$\beta = 2.8985$

m	Intensidades	$P(x < X)$	$P(x < X)$	$F(x < X)$	$[P(x < X) - F(x < X)]$	Tr años
1	14.55	0.071	0.929	0.969	0.0403	14
2	12.98	0.143	0.857	0.951	0.0938	7
3	8.33	0.214	0.786	0.819	0.033	4.67
4	4.1	0.286	0.714	0.497	0.2176	3.5
5	3.49	0.357	0.643	0.432	0.2107	2.8
6	3.29	0.429	0.571	0.41	0.1613	2.33
7	3.1	0.5	0.5	0.39	0.1099	2
8	2.9	0.571	0.429	0.368	0.0607	1.75
9	2.71	0.643	0.357	0.348	0.0093	1.56
10	2.39	0.714	0.286	0.312	0.0267	1.4
11	2.14	0.786	0.214	0.286	0.072	1.27
12	1.74	0.857	0.143	0.244	0.1008	1.17
13	1.27	0.929	0.071	0.197	0.1259	1.08
14	1.16	1	1	0.188	0.8122	1
15	1.16	1.071	1.071	0.188	0.8837	0.93
16	0.94	1.143	1.143	0.167	0.9755	0.88
17	0.78	1.214	1.214	0.153	1.0611	0.82
18	0.69	1.286	1.286	0.146	1.1394	0.78
19	0.51	1.357	1.357	0.131	1.2258	0.74
20	0.49	1.429	1.429	0.13	1.2988	0.7
21	0.43	1.5	1.5	0.125	1.375	0.67
22	0.41	1.571	1.571	0.123	1.448	0.64
23	0.41	1.643	1.643	0.123	1.5194	0.61
24	0.27	1.714	1.714	0.113	1.6015	0.58
25	0.18	1.786	1.786	0.107	1.6788	0.56
MAX $[P(x < X) - F(x < X)]$:					1.6788	

Cuadro 4.6.5: Modelo Gumbel para 60 minutos

MODELO GUMBEL PARA 120 MINUTOS

$X_p : 3.4264$

$S_x : 3.0592$

$\alpha = 0.4192$

$\beta = 2.0496$

m	Intensidades	$P(x < X)$	$P(x < X)$	$F(x < X)$	$[P(x < X) - F(x < X)]$	Tr años
1	10.29	0.071	0.929	0.969	0.0403	14
2	9.18	0.143	0.857	0.951	0.0938	7
3	5.89	0.214	0.786	0.819	0.033	4.67
4	2.9	0.286	0.714	0.497	0.2176	3.5
5	2.47	0.357	0.643	0.432	0.2107	2.8
6	2.32	0.429	0.571	0.41	0.1613	2.33
7	2.19	0.5	0.5	0.39	0.1099	2
8	2.05	0.571	0.429	0.368	0.0607	1.75
9	1.92	0.643	0.357	0.348	0.0093	1.56
10	1.69	0.714	0.286	0.312	0.0267	1.4
11	1.52	0.786	0.214	0.286	0.072	1.27
12	1.23	0.857	0.143	0.244	0.1008	1.17
13	0.89	0.929	0.071	0.197	0.1259	1.08
14	0.82	1	1	0.188	0.8122	1
15	0.82	1.071	1.071	0.188	0.8837	0.93
16	0.66	1.143	1.143	0.167	0.9755	0.88
17	0.55	1.214	1.214	0.153	1.0611	0.82
18	0.49	1.286	1.286	0.146	1.1394	0.78
19	0.36	1.357	1.357	0.131	1.2258	0.74
20	0.35	1.429	1.429	0.13	1.2988	0.7
21	0.3	1.5	1.5	0.125	1.375	0.67
22	0.29	1.571	1.571	0.123	1.448	0.64
23	0.29	1.643	1.643	0.123	1.5194	0.61
24	0.19	1.714	1.714	0.113	1.6015	0.58
25	0.13	1.786	1.786	0.107	1.6788	0.56
MAX $[P(x < X) - F(x < X)]$:					1.6788	

Cuadro 4.6.6: Modelo Gumbel para 120 minutos

MODELAMIENTO DE INTENSIDADES EN FUNCIÓN DE “N” Y “J”

PARAMETROS	5 min.	10min.	30min.	60 min.	120 min.
Sx	14.987	10.5974	6.1184	4.3264	3.0592
Xp	16.7856	11.8692	6.8527	4.8456	3.4264
α	0.0856	0.121	0.2096	0.2964	0.4192
β	10.0407	7.1004	4.0994	2.8987	2.0497

Cuadro 4.6.7: Parámetros Sx, Xp, α, β

“INTENSIDADES”

VIDA UTIL AÑOS "N"	RIESGO DE FALLA J(%)	TIEMPO DE RETORNO Tr(AÑOS)	INTENSIDADES $X = \beta - \frac{1}{\alpha} * Ln(-Ln(1 - \frac{1}{T_r}))$				
			5 min.	10min.	30min.	60 min.	120 min.
5	1	498	82.6	58.41	33.72	23.85	16.86
	5	97.98	63.56	44.94	25.95	18.35	12.97
	10	47.96	55.15	38.99	22.51	15.92	11.26
	25	17.89	43.41	30.69	17.72	12.53	8.86
	30	14.52	40.9	28.92	16.7	11.81	8.35
	41	10	36.34	25.7	14.84	10.49	7.42
	50	7.73	33.13	23.43	13.53	9.56	6.76
	75	4.13	25.03	17.7	10.22	7.23	5.11
	90	2.71	19.1	13.51	7.8	5.51	3.9
10	1	995.49	90.7	64.14	37.03	26.18	18.52
	5	195.46	71.66	50.67	29.25	20.69	14.63
	10	95.41	63.25	44.72	25.82	18.26	12.91
	25	35.26	51.51	36.42	21.03	14.87	10.51
	30	28.54	49	34.65	20	14.14	10
	41	19.46	44.42	31.41	18.13	12.82	9.07
	50	15	41.29	29.2	16.86	11.92	8.43
	75	7.73	33.13	23.43	13.53	9.56	6.76
	90	4.86	27.2	19.24	11.11	7.85	5.55

20	1	1990.48	98.8	69.87	40.34	28.52	20.17
	5	390.41	79.76	56.4	32.56	23.02	16.28
	10	190.32	71.35	50.45	29.13	20.6	14.56
	25	70.02	59.61	42.15	24.33	17.21	12.17
	30	56.57	57.1	40.37	23.31	16.48	11.65
	41	38.41	52.52	37.14	21.44	15.16	10.72
	50	29.36	49.33	34.88	20.14	14.24	10.07
	64	20.17	44.85	31.72	18.31	12.95	9.16
	90	9.2	35.3	24.96	14.41	10.19	7.21
30	1	995.49	90.7	64.14	37.03	26.18	18.52
	5	585.37	84.5	59.75	34.5	24.39	17.25
	10	285.24	76.08	53.8	31.06	21.96	15.53
	25	104.78	64.35	45.5	26.27	18.58	13.13
	30	84.61	61.83	43.72	25.24	17.85	12.62
	41	57.36	57.26	40.49	23.38	16.53	11.69
	50	43.78	54.07	38.23	22.07	15.61	11.04
	64	30	49.59	35.07	20.25	14.32	10.12
	90	13.54	40.04	28.31	16.35	11.56	8.17

Cuadro 4.6.8: Cálculo de Intensidades

“MODELAMIENTO DE INTENSIDADES PARA UNA CARRETERA CON UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS”

VIDA UTIL (años)	TIEMPO DE RETORNO (años)	5 min	10 min	30 min	60 min	120 min
20	20	44.85	31.72	18.31	12.95	9.16

Cuadro 4.6.9: Modelamiento de intensidades para carretera.

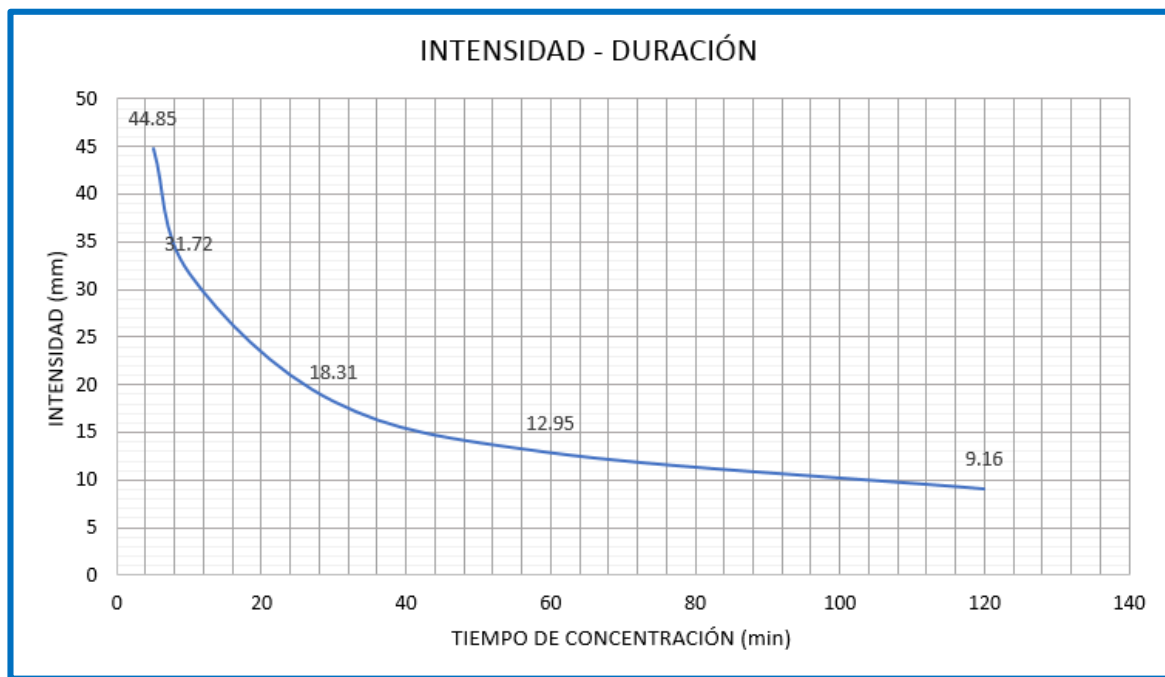


Gráfico 4.6.2: Curva de Intensidad vs Duración

4.6.1. ANÁLISIS DEL ESTUDIO HIDRÁULICO PLUVIAL PARA DISEÑO DE CUNETAS

Se identificó que a lo largo del tramo del proyecto a realizar, son cultivos agrícolas, especialmente arroz y algodón, y se encuentran por debajo de la carpeta asfáltica en un promedio de 90 cm, además las precipitaciones son muy pocas por ser región costa, indicando en un periodo de retorno de 20 años con 44.85 mm a los 5 min de precipitación constante por lo que realizaremos el análisis hidráulico para el diseño de cunetas.

4.6.1.1. CÁLCULO DE CAUDAL POR METRO LINEAL DE CARRETERA

$$Q = \frac{44.85 \text{ mm}}{5 \text{ min}} \times 1 \text{ m} \times 3.90 \text{ m}$$

$$Q = \frac{0.04485 \text{ m}}{5 \text{ min}} \times 1 \text{ m} \times 3.90 \text{ m}$$

$$Q = 0.00014950 \text{ m}^3/\text{s} \times 1 \text{ m} \times 3.90 \text{ m}$$

$$Q = 0.00058305 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.6.1.2. CÁLCULO DE DIMENSIONES DE LA CUNETETA

$$Q = \frac{A * R^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

$$A * R^{2/3} = \frac{Q * n}{S^{1/2}}$$

Por ser zona seca, la profundidad es de 0.20 m y el espejo de 0.50 m, además $n = 0.017$.

Deducimos que el talud es de $Z = 1.50$.

De las tablas, la pendiente "S" es de 2 ‰

$$A = Z * Y^2 \quad y \quad R = \frac{Z * Y}{Z * \sqrt{1 + Z^2}}$$

Entonces:

$$A * R^{2/3} = \frac{Q * n}{S^{1/2}}$$

$$Z * Y^2 * \left(\frac{Z * Y}{Z * \sqrt{1 + Z^2}} \right)^{\frac{2}{3}} = \frac{Q * n}{S^{1/2}}$$

$$1.50 * Y^2 * \left(\frac{1.50 * Y}{1.50 * \sqrt{1 + 1.50^2}} \right)^{\frac{2}{3}} = \frac{0.00058305 * 0.017}{0.002^{1/2}}$$

$$Y = 0.04017 \text{ m}$$

$$Y = 4.017 \text{ cm}$$

Además:

$$T = 2 * Z * Y$$

$$T = 2 * 1.50 * 4.017 \text{ cm}$$

$$T = 12.051 \text{ cm}$$

Por lo tanto:

Según el diseño de la cuneta, las dimensiones son muy pequeñas para ubicarla al lado del tramo de la carretera, por lo que el agua drenará directamente hacia los costados de la carretera que son zonas agrícolas.

4.6.1. ESTUDIO DE OBRAS DE ARTE

DESCRIPCION DE OBRAS DE ARTE E INFRAESTRUCTURA EXISTENTES

N°	UBICACIÓN (PROGRESIVA)	DESCRIPCION	CAUSAS DEL PROBLEMA	ALTERNATIVA DE SOLUCION
1	0 + 368.7878	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 1.50 x 2.0, en buen estado de conservación.	Alcantarilla medianamente colmatada	Limpieza general de alcantarilla.
2	1 + 178.3371	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 1.40 x 2.0, en buen estado de conservación.	Alcantarilla medianamente colmatada	Limpieza general de alcantarilla.
3	2 + 461.5953	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 1.20 x 1.50, en buen estado de conservación.	Alcantarilla medianamente colmatada	Limpieza general de alcantarilla.
4	3 + 843.2185	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 1.4 x 1.90, en buen estado de conservación.	Alcantarilla medianamente colmatada	Limpieza general de alcantarilla.
5	5 + 966.4812	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 1.40 x 1.80, en buen estado de conservación.	Alcantarilla medianamente colmatada	Limpieza general de alcantarilla.
6	6 + 447.8657	Alcantarilla C.A. Tipo Marco 1.3 x 1.7, en regular estado de conservación.	Alcantarilla medianamente colmatada	Limpieza general de alcantarilla.

Cuadro 4.6.1: Alcantarillas existentes.

4.7. DISEÑO DEL PAVIMENTO

El estudio de tráfico tiene como fin, obtener el tráfico actual y proyectarlas durante la vida útil de la carretera, las condiciones de tráfico están definidas por su composición y cantidad, que nos dará a conocer las características del número de vehículos circulantes.

4.7.1 CALCULO DEL ESPESOR DEL PAVIMENTO

4.7.1.1. MÉTODO DEL INDICE DE TRÁFICO (IT)

Es el tránsito diario probable durante el periodo de diseño, referido a una carga por eje sencillo de 25,000 kg (55,000 lb.), que se espera para la calzada de diseño.

Se calcula según la siguiente expresión:

$$IT = NCEP$$

Dónde:

N = Número total de vehículos pesados (pesos mayores de 20,000 lb)

C = Coeficiente de crecimiento medio en el periodo de análisis (proyecto para un periodo de 20 años).

E = Coeficiente de equivalencia de carga a ejes simples de 18,000 lbs.

P = 1% del porcentaje de vehículos que circulan por la vía más cargada.

A) CÁLCULO DE “N”

De los cálculos realizados deducimos que el proyecto es una carretera de tercera clase tal como considera el DG-2013 (IMD < 400 veh/día), la cual según el conteo realizado se distribuye de la siguiente manera:

Tipo de Vehículo	Clase	Año 20	%
Autos	AP	20	57.14
Pick Up	AC	4	11.43
Cmta. Rural	AC	3	8.57
C2/Lig.	C2	4	11.43
C2/Pes.	C2	4	11.43
IMD		35.00	100.00

Cuadro 4.7.1: IMD proyectado.

Tráfico diario proyectado (promedio), según peso de vehículos:

- Total de vehículos = 35
- $N = 4$

B) CÁLCULO DE “C”

El coeficiente de crecimiento medio en el periodo de análisis (20 años), se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$C = \frac{1 + \left(\frac{i_2}{i_1}\right)}{2}$$

Dónde:

- $i = 3.6\%$ (índice de crecimiento anual promedio, ver anexo)
- $i_1 = 100\%$
- $i_2 = 100(1+i)^n = 100 (1+0.036)^{20} = 202.86 \%$
- Por lo tanto:

$$C = \frac{1 + \left(\frac{202.86}{100}\right)}{2} = 1.51$$

$$\mathbf{C = 1.51}$$

C) CÁLCULO DE “E”

Coeficiente de equivalencia de carga a ejes simples de 18,000 lbs., para el detalle del cálculo de “factor camión”, ver Tomo I, “Anexo 4.7. Diseño de Pavimento – Factor camión”

Tipo de vehi.	Vol. promedio diario proyectado	Factor camión (FC)	EAL
AP	20	0.0005810	0.011619
AC	7	0.0250864	0.175605
C2	8	3.6958545	29.566836
TOTAL EAL			29.754060

Cuadro 4.7.2: Cálculo de “E”

Por lo tanto:

- $E = \text{Equivalencia} / N^{\circ} \text{ total de vehículos.}$
- $E = 29.754060 / 35 = 0.850115999$

$$E = 0.85$$

D) CÁLCULO DE “P”

Calculará en función de la siguiente tabla.

Nº DE VIAS	PORCENTAJE DE TRAFICO POR VÍA
1	100%
2	50%
4	45% (35-48)
6	40% (25-48)

Cuadro 4.7.3: Cálculo de “P”

Como la carretera de diseño es de dos vías se considera el 50% del tráfico.

Por lo tanto:

$$P = 1\% (50) = 0.5$$

E) CÁLCULO DE “IT”

Una vez halladas todas las variables, procedemos a la aplicación de la fórmula de la siguiente manera:

$$IT = N \cdot C \cdot E \cdot P$$

$$IT = 4 \cdot 1.51 \cdot 0.85 \cdot 0.5$$

$$IT = 2.567$$

$$IT = 3 \text{ veh/día}$$

Para el presente proyecto de acuerdo al índice de tráfico estamos frente a un tipo de **“tránsito liviano”**, el cual considera como recomendación un espesor de la **carpeta asfáltica de 1” como mínimo**, pero, aplicaremos el inmediato superior, que es el de tránsito mediano y equivale a un **espesor de 1.5”**.

4.7.1.2. MÉTODO DEL INSTITUTO NORTEAMERICANO DEL ASFALTO

Este método es el más usado en nuestro país por las entidades e ingenieros en obras viales. Es un método técnico-empírico basado en las investigaciones realizadas en la carretera del experimento vial AASHTO y desarrollo por el instituto de asfalto de los Estados Unidos de Norteamérica.

El sistema se fundamenta en un tránsito probable durante un periodo de 20 años referido a una carga por “eje sencillo” de 80KN (18,000 lb), que es la “carga por eje” legal en la mayoría de los estados de USA, considera además el módulo de Resilencia ($M_r = 10.3 \text{ CBR}$) en Mpa, la calidad de los materiales de base, Sub-base y carpeta asfáltica que se empleen y los procedimientos de construcción a seguirse.

Este método proporciona el espesor de la estructura del pavimento en función del tránsito que se prevé circular por la vía y de un parámetro que representa la resistencia y deformabilidad de la capa superior del terraplén.

A) INDICE MEDIO ANUAL PROYECTADO (IMD)

IDM proyectado a 20 años.

Tipo de Vehículo	Clase	Año 20	%
Autos	AP	20	57.14
Cmta. Rural	AC	7	20.00
Camión 2 ejes	C2	8	22.86
IMD		35	100.00

Cuadro 4.7.4: Cálculo de IMD

B) DETERMINACIÓN DEL VALOR DEL EAL

B.1. CÁLCULO DE TRÁFICO POR CALZADA

Partiendo del índice medio diario proyectado, calculado de 35 veh/día, se calcula el porcentaje del tráfico total de vehículos en la calzada de diseño.

En vista que el estudio contempla para una calzada escogemos de la siguiente tabla el porcentaje total para dos carriles.

Nº DE VIAS	PORCENTAJE DE TRAFICO POR VÍA
1	100%
2	50%
4	45% (35-48)
6	40% (25-48)

Cuadro 4.7.5: Número de vías por tráfico.

Como el presente proyecto es de dos vías se considerara 50% del tráfico.

$$50\% * 35 = 18 \text{ vehículos.}$$

B.2. CÁLCULO DEL NÚMERO PROMEDIO DE CADA TIPO DE VEHICULO ESPERADO EN EL PRIMER AÑO DE SERVICIO

Calcularemos el número total de vehículos en el carril de diseño para un 22.86%, el cual corresponde al porcentaje de vehículos pesados indicado en el IMD.

- Número de vehículos = $22.86\% * 18 = 4 \text{ veh. /día.}$

Lo que significa que el primer año de servicio se tendrá:

$$\text{Total de vehículos} = 4 * 365 = 1,460 \text{ vehículos.}$$

B.3. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CRECIMIENTO

Para el cálculo del factor de crecimiento consideraremos un factor promedio para todos los vehículos.

- Tasa de crecimiento anual “r” = 3.6 % (ver anexos “4.8. Tasa de crecimiento”)
- Periodo de diseño = 20 años.

$$factor = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

$$\text{Dónde: } r = \frac{tasa}{100}$$

Remplazando en la fórmula obtenemos:

$$factor = \frac{(1 + 0.036)^{20} - 1}{0.036}$$

$$\text{Factor de crecimiento} = 28.57$$

B.4. CÁLCULO DEL EAL DE DISEÑO

CLASE	NUMERO VEH / AÑO	Fc	$((1+r)^n-1)/r$	ESALS
AUTOS	834	0.00058097	28.57	13.84394
CAMIONETAS	292	0.02508637	28.57	209.29658
CAMION 2E	334	3.69585450	28.57	35,269.78092
TODOS VEHÍCULOS	1460		TOTAL EAL	35,492.92143

Cuadro 4.7.6: Cálculo del EAL

C) SELECCIÓN DEL MÓDULO DE RESILENCIA DE DISEÑO DE SUBRAZANTE

El módulo Resiliente es una medida de la propiedad elástica de los suelos (tanto del suelo de subrasante como de los materiales de base y sub-base), tomando en cuenta ciertas características no lineales, se refiere al comportamiento esfuerzo-deformación del material bajo condiciones normales de carga del pavimento.

Considerando las limitaciones de la mayor parte de los laboratorios para efectuar este tipo de ensayos, el instituto de asfalto permite correlacionarlo con el CBR mediante la expresión:

$$Mr \text{ (Mpa)} = 10.3 \times \text{CBR}$$

La determinación del Mr. (módulo Resiliente), se hace con el criterio del percentil variable con el nivel del tráfico expresado como EAL.

C.1. CÁLCULO DEL PERCENTIL DE DISEÑO

TRAFICO (EAL)	PORCENTAJE DE ENSAYOS CON CBR IGUAL O MAYOR
10 000 ó menos	60
10 000 a 1 000 000	75
1 000 000 a más	87.5

Cuadro 4.7.7: Rango de EAL

En vista que nuestro EAL de diseño es del orden de **35,492.92143**, le corresponde un valor de 75%.

De los ensayos de CBR se tiene:

CALICATA	CBR %
Nº 01	12.2
Nº 02	12.01
Nº 03	11.80
Nº 04	11.93
Nº 05	12.00
Nº 06	11.79
Nº 07	11.62
Nº 08	12.4
Nº 09	13.4
Nº 10	14.02

Cuadro 4.7.8: Resultados de los ensayos de CBR.

Estos valores se ordenan de mayor a menor. Para los valores de CBR que salgan por debajo del valor que se obtenga mediante el percentil se debe considerar un mejoramiento de subrasante.

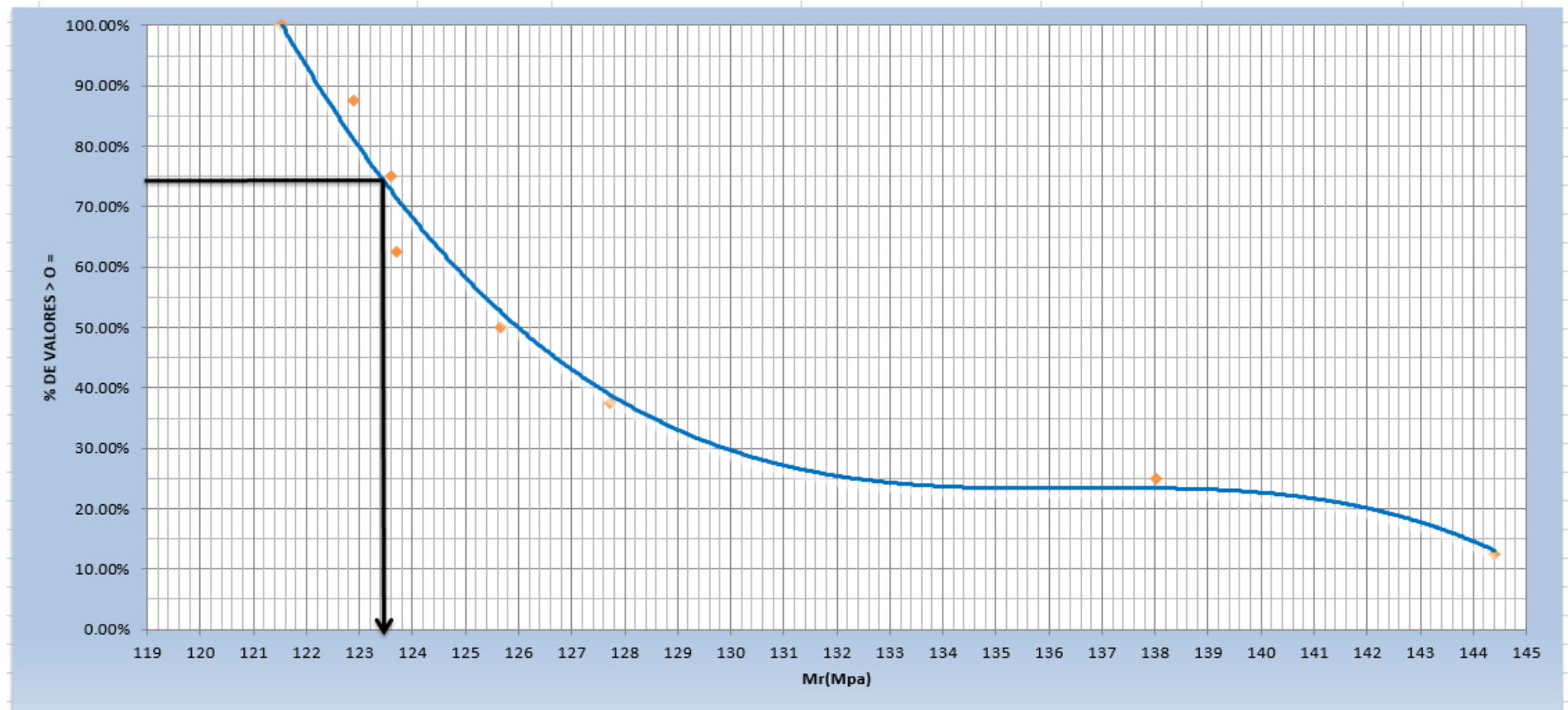
CBR (%)	Mr(Mpa) Mr=10.3*CBR	Nº DE VALORES > ó = a Mr i	% DE VALORES > ó =
14.02	144.406	1	12.50%
13.40	138.020	2	25.00%
12.40	127.720	3	37.50%
12.20	125.660	4	50.00%
12.01	123.703	5	62.50%
12.00	123.600	6	75.00%
11.93	122.879	7	87.50%
11.8	121.540	8	100.00%
11.79	121.437	9	112.50%
11.62	119.686	10	125.00%

Cuadro 4.7.9: Módulos de Resilencia.

Luego se grafica los valores de Mr y % obtenidos, resultando el gráfico presentado a continuación.

En el gráfico con el percentil de diseño (75%), se encuentra el valor del CBR de diseño de la subrasante.

METODO PERCENTIL



$$Mr = 123.60 = 12.36 \times 10 \text{ Mpa}$$

Aplicando la siguiente expresión, se obtiene:

$$CBR_{\text{DISEÑO}} = Mr / 10.3 = 123.6 / 10.3$$

$$CBR_{\text{DISEÑO}} = 12 \%$$

D) CÁLCULO DEL ESPESOR SEGÚN EL INSTITUTO NOSTEAMERICANO DEL ASFALTO

Se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones para el diseño de pavimento para ambos métodos.

- Periodo de diseño : 20 años
- Número de vías : 02
- Clase de carretera : tercera clase.
- Índice medio diario proyectado : 35 Veh. /día.
- CBR de diseño (valor percentil) : 12 %
- EAL : $0.35 \cdot 10^5$
- Temperatura media anual del aire : MAAT 24 °C

D.1. ALTERNATIVAS PARA ESPESORES DE ASFALTO USANDO CARTAS DE DISEÑO

Para una mejor comprensión de la obtención de los resultados, dirigirse al Anexo 4.8 “Diseño de Pavimento”

D.1.1. ALTERNATIVA 01

De la (Carta de Diseño A-13 MAAT 24° C), encontramos que se requiere una capa de concreto asfáltico de 100 mm de espesor colocado directamente sobre la subrasante.

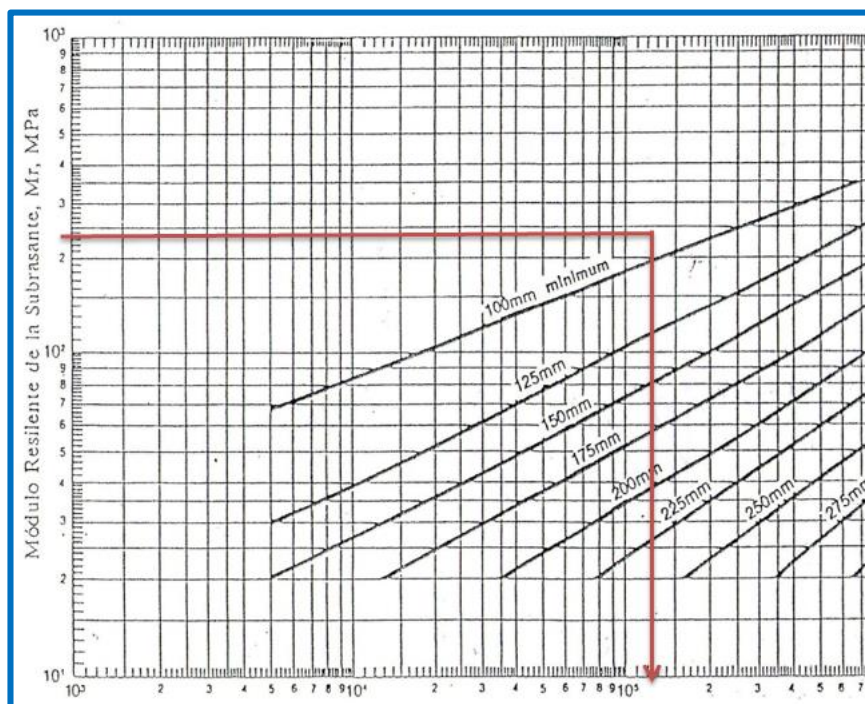


Gráfico 4.7.1: Carta de Diseño A-13 MAAT 24° C

D.1.2. ALTERNATIVA 02

De la (Carta de Diseño A-17 MAAT 24° C), encontramos que se requiere una capa de 150 mm. De espesor de base de agregados no tratados y 100 mm de carpeta asfáltica.

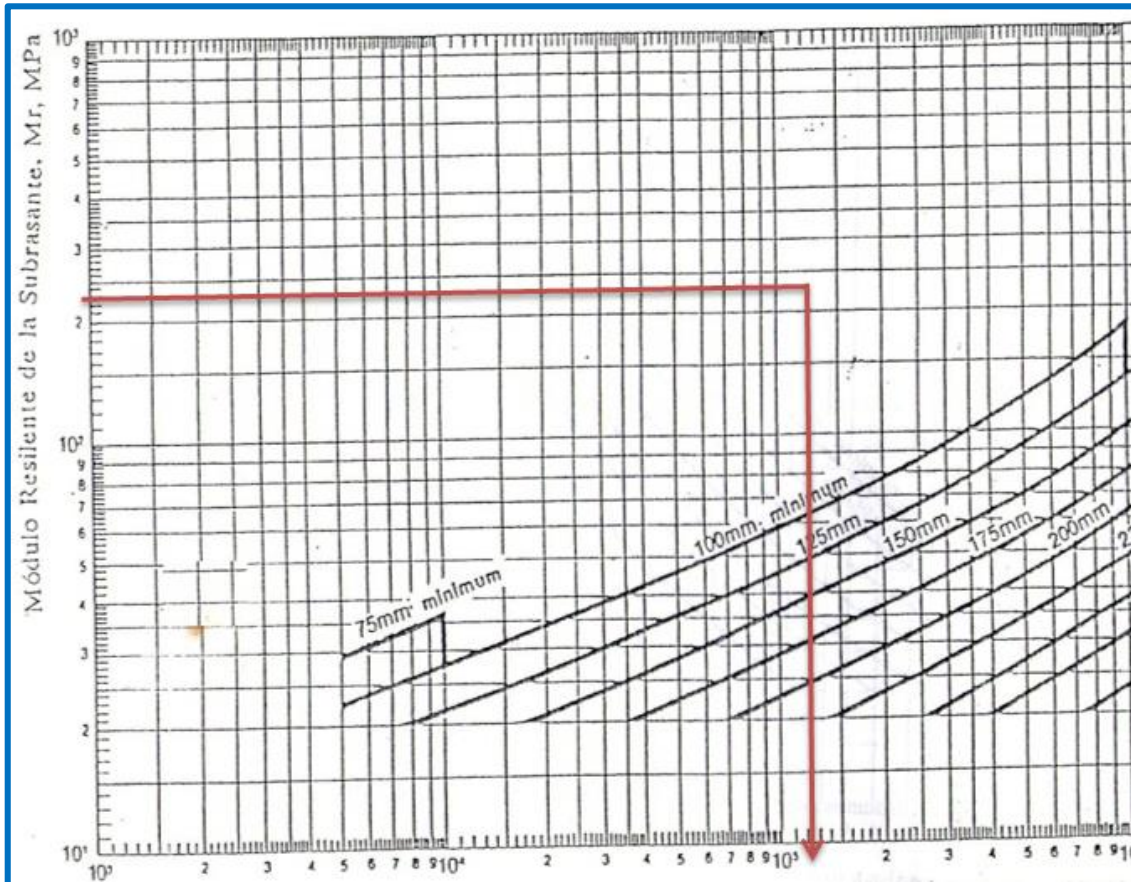


Gráfico 4.7.2: Carta de Diseño A-17 MAAT 24° C

D.1.3. ALTERNATIVA 03

De la (Carta de Diseño A-18 MAAT 24° C), encontramos que se requiere una capa de 300 mm. De espesor de base de agregados no tratados y 100 mm de carpeta asfáltica.

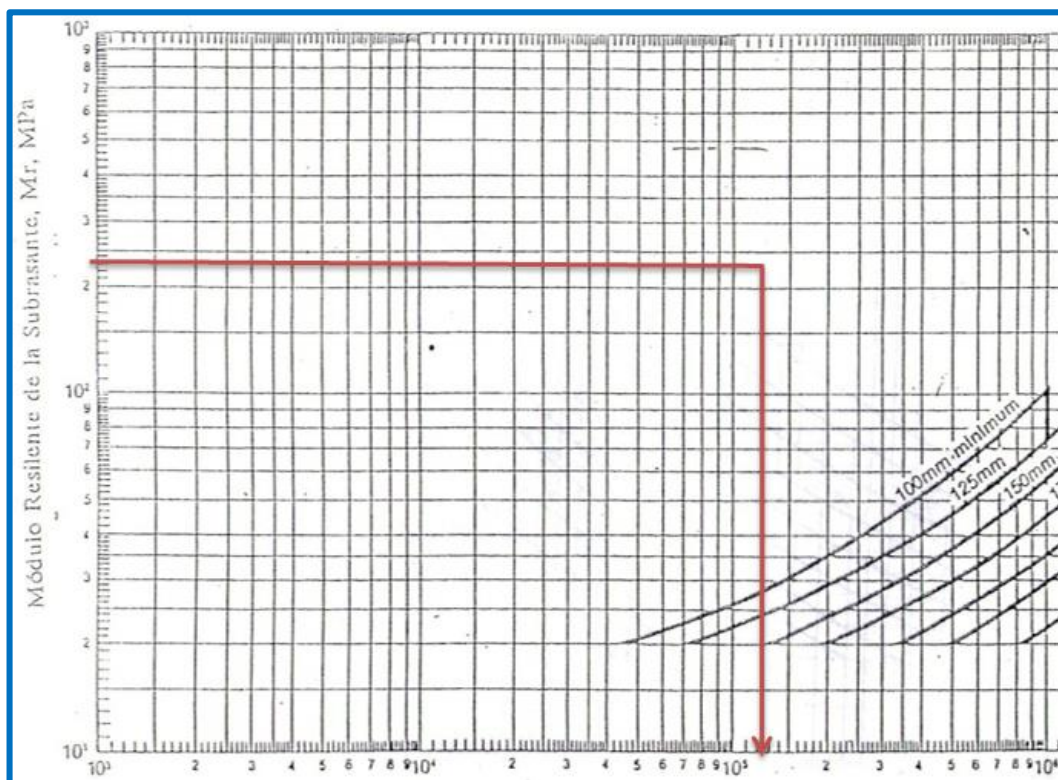


Gráfico 4.7.3: Carta de Diseño A-18 MAAT 24° C

RESUMEN DE ALTERNATIVAS

CAPAS ESTRUCTURALES	Espesores en milímetros		
	I	II	III
Superficie de rodadura AC	100 mm	100 mm	100 mm
Base CBR > 80%	-	150 mm	150 mm
Sub base CBR > 20%	-	-	150 mm
Total	100 mm	250 mm	400 mm

Cuadro 4.7.10: Espesores del instituto del asfalto.

D.2. ALTERNATIVAS PARA ESPESORES DE ASFALTO APLICANDO LOS COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA

De acuerdo a las NTP 339.141. ASTM-D1557, la carpeta asfáltica puede reducirse hasta 2" para reducir costos, aplicando los siguientes coeficientes de equivalencia.

- 1" concreto asfáltico = 2" base granular no tratada (BGNT)
- 1" Concreto asfáltico = 2.7" sub base granular no tratada (SBGNT)
- 1" BGNT = 1.35" SBGNT

D.2.1. ALTERNATIVA 01

CAPAS	Espesor calculado		Espesor planteado	
	En mm	En Pulgadas	En Pulgadas	En Cm
Carpeta Asfáltica	100 mm	4 "	2 "	5.00
Base Granular	-	-	4 "	10.00

Cuadro 4.7.11: Alternativa 01.

D.2.2. ALTERNATIVA 02

CAPAS	Espesor calculado		Espesor planteado	
	En mm	En Pulgadas	En Pulgadas	En Cm
Carpeta Asfáltica	100 mm	4 "	2 "	5.00
Base Granular	150 mm	6 "	6 "	15.00
Sub base granular	-	-	5.4	15.00

Cuadro 4.7.12: Alternativa 02.

D.1.3. ALTERNATIVA 03

CAPAS	Espesor calculado		Espesor planteado	
	En mm	En Pulgadas	En Pulgadas	En Cm
Carpeta Asfáltica	100 mm	4 "	2 "	5.00
Base Granular	150 mm	6 "	6 "	15.00
Sub base granular	150 mm	6 "	11.4	30.00

Cuadro 4.7.13: Alternativa 03.

ELECCION DE ALTERNATIVA

Elegimos la alternativa que sea más económica y funcional por lo que sería la:

ALTERNATIVA 02

Capas	Espesor planteado (cm)
Carpeta Asfáltica	5
Base Granular	15
Sub base granular	15

Cuadro 4.7.14: Elección de alternativa.

4.7.1.3. MÉTODO AASHTO (VERSIÓN 1993)

DATOS SEGÚN EL MANUAL DE CARRETERAS "DG – 2014"

Ancho de la superficie de rodadura	: 6.00m
Ancho de berma	: 0.90m
Tipo de vía	: carretera de tercera clase
Tipo de pavimento	: flexible- asfalto en frío
Tipo de tratamiento de bermas	: carpeta asfáltica en frío
Velocidad directriz	: 50 km/h
Radio mínimo	: 90m
Periodo de diseño	: 20 años

INFORMACIÓN OBTENIDA DE LOS DIFERENTES ESTUDIOS

Incremento anual del tránsito	: 3.6 %
Cbr diseño (subrasante)	: 12 %
Calidad del drenaje (bueno)	: 1 - 5 (%) zona seca
Mr del asfalto	: 450000 psi
Mr base	: 25000 psi
Mr sub base	: 12000 psi

CLASE	Nº DE VEHÍCULOS
AP	20
AC	7
C2	8
TOTAL	35

Cuadro 4.7.15: Elección de alternativa.

A) DETERMINACIÓN DEL NÚMERO ESTRUCTURAL (SN)

A.1. TRÁNSITO FUTURO ESTIMADO (W18)

CLASE	IMDA	Fi	$((1+r)^n-1)/r$	ESALS
AP	834	0.000580968	28.57	13.843939
AC	292	0.025086371	28.57	209.296575
C2	334	3.6958545	28.57	35,269.780917
ESAL	1460			35,492.921431

Cuadro 4.7.16: Tránsito futuro estimado.

$$EAL = ESALS = 0.3549 \times 10^5$$

A.2. CONFIABILIDAD (R)

Local- rural = 0.80

A.3. DESVIACIÓN ESTANDAR (So)

Según guía ASSTHO-93, entre 0.4 y 0.5, tomo So = 0.45

A.4. MODULO RESILIENTE EFECTIVO DEL MATERIAL DE FUNDACIÓN

Relación de Heukelom y Klomp

- $M_r \text{ (psi)} = MR = 1,500 * (\text{CBR}) = 18,000 \text{ psi}$

A.5. PERDIDA DE SERVICIABILIDAD DE DISEÑO (Δpsi)

- Pavimentos flexibles (P_o) = 4.2
- Selección del PSI (Present Serviceability Index), más bajo permisible o índice de serviciabilidad terminal (P_t)

$P_t = 2$ para carretas con menores volúmenes de tráfico

Entonces:

$$\Delta\text{PSI} = P_o - P_t = 2.2$$

A.6. OBTENCIÓN DEL NÚMERO ESTRUCTURAL (S_n)

- $W_{18} = 0.3549 \times 10^5$
- $R = 80.00\%$
- $S_o = 0.45$
- $M_r = 18,000 \text{ psi}$
- $\Delta\text{PSI} = 2.2$

Según la fórmula para pavimentos flexibles se obtiene el número estructural de diseño

- **$S_N = 1.27$**

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. It is a window with a title bar and standard Windows controls. The interface is organized into several sections with labels and input fields. The 'Tipo de Pavimento' section has two radio buttons, with 'Pavimento flexible' selected. The 'Confianza (R) y Desviación estándar (So)' section has a dropdown menu for R set to '80 % Zr=-0.841' and a text box for So set to '0.45'. The 'Serviciabilidad inicial y final' section has text boxes for 'PSI inicial' (4.2) and 'PSI final' (2). The 'Módulo resiliente de la subrasante' section has a text box for 'Mr' (18000) and the unit 'psi'. The 'Información adicional para pavimentos rígidos' section contains four empty text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'. The 'Tipo de Análisis' section has two radio buttons, with 'Calcular SN' selected, and a text box for 'W18' (35492.921431). The 'Número Estructural' section has a text box for 'SN' (1.27). At the bottom are two buttons: 'Calcular' and 'Salir'.

Gráfico 4.7.4: Obtención del número estructural.

A.7. SELECCIÓN DE LOS ESPESORES DE CAPA

$$SN = a_1 m_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3$$

- **a1, a2, a3** = coeficiente de capa representativa de la superficie capa base y sub base.
- **m1, m2, m3** = coeficientes de drenaje para las capas de la superficie capa base y sub base.
- **D1, D2, D3** = espesores reales en pulg. De la superficie capa base y sub base.

A.7.1. CALCULO DE a (1, 2, 3)

De la carta para estimación del coeficiente estructural de capa de concreto asfáltico de gradación densa basado en el módulo elástico Resiliente, obtenemos el valor de a_1 :

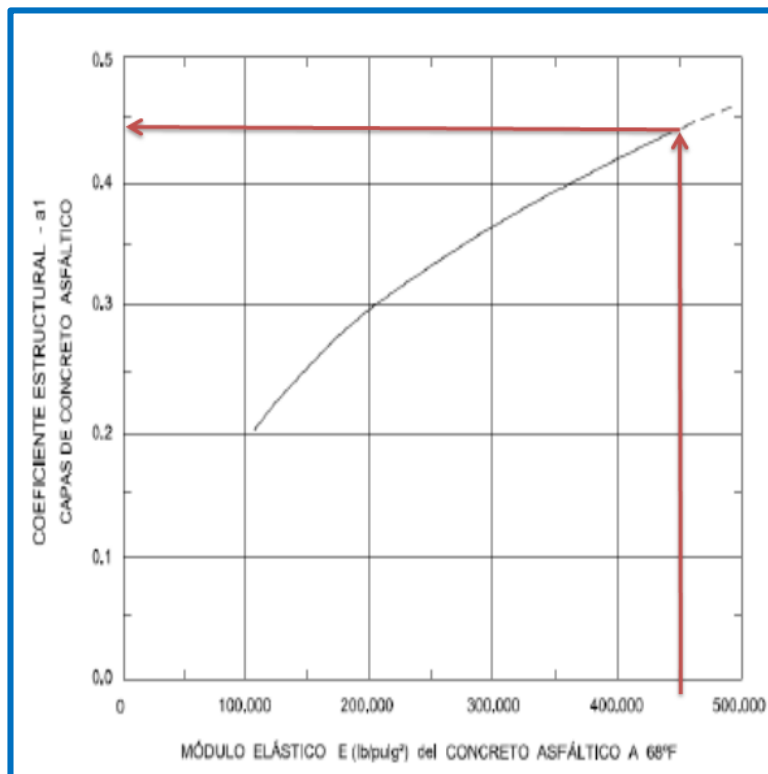


Gráfico 4.7.5: Cálculo de “a”

- $a_1 = 0.44$
- $a_2 = 0.249 * \log 25000 - 0.977 = 0.118$
- $a_3 = 0.227 * \log 12000 - 0.839 = 0.087$

A.7.2. CALCULO DE m (1, 2, 3)

- $m_1 = 1$
- $m_2 = 1.2$
- $m_3 = 1.2$

CALIDAD DEL DRENAJE	% DEL TIEMPO EN QUE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTA A NIVELES CERCANOS A LA SATURACIÓN			
	Menor a 1%	1 – 5 %	5 – 25 %	Mayor a 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.2
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.8
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.6
malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.4

Cuadro 4.7.17: Calidad de drenaje.

A.7.3. CALCULO DE ESPESORES MINIMOS

TRAFICO ESALS	CONCRETO ASFALTICO (PUL)	BASE DE AGREGADOS (PUL)
MENOS DE 50,000	1.0 (ó tratamiento superficial)	4
50,001-150,000	2	4
150,000-500,000	2.5	4
500,001-2'000,000	3	6
2'000,000-7'000,000	3.5	6
MAYOR QUE 7'000,000	4	6

Cuadro 4.7.18: Espesores mínimos.

A.7.4. CALCULO DE ESPESORES

Se hace el análisis de diseño por capas

a) ASFALTO

- $E_b = 25,000 \text{ PSI}$
- $R = 80.00\%$
- $W_{18} = 0.3549 \times 10^5$
- $\Delta \text{PSI} = 2.2$
- $S_o = 0.45$
- $a_1 = 0.44$
- **SN1 = ¿? =**

Utilizando la fórmula de la AASHTO

- **SN1= 1.10**

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
80 % $Z_r = -0.841$ So 0.45

Serviciabilidad inicial y final
PSI inicial 4.2 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante
Mr 25000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos
Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)
Coeficiente de transmisión de carga - (J)
Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)
Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
☒ Calcular SN **W18 = 35492.9214**
☐ Calcular W18

Número Estructural
SN = 1.10

Calcular Salir

Gráfico 4.7.6: Obtención del número estructural.

b) BASE

- $E_b = 12,000 \text{ PSI}$
- $R = 80.00\%$
- $W_{18} = 0.3549 \times 10^5$
- $\Delta \text{PSI} = 2.2$
- $S_o = 0.45$
- $A_2 = 0.118$
- **$\text{SN}_2 = \text{¿?} =$**

Utilizando la fórmula de la AASHTO

- **$\text{SN}_2 = 1.52$**

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
80 % $Z_r = -0.841$ So 0.45

Serviciabilidad inicial y final
PSI inicial 4.2 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante
Mr 12000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos
Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)
Coeficiente de transmisión de carga - (J)
Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)
Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
☒ Calcular SN **W18 = 35492.9214**
☐ Calcular W18

Número Estructural
SN = 1.52

Calcular Salir

Gráfico 4.7.7: Obtención del número estructural.

c) SUB - BASE

- $E_b = 18,000 \text{ PSI}$
- $R = 80.00\%$
- $W_{18} = 0.3549 \times 10^5$
- $\Delta \text{PSI} = 2.2$
- $S_o = 0.45$
- $A_3 = 0.087$
- **SN3 = ¿? =**

Utilizando la fórmula de la AASHTO

- **SN3= 1.27**

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
80 % $Z_r = -0.841$ So 0.45

Serviciabilidad inicial y final
PSI inicial 4.2 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante
Mr 18000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos
Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)
Coeficiente de transmisión de carga - (J)
Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)
Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
☒ Calcular SN **W18 = 35492.9214**
☐ Calcular W18

Número Estructural
SN = 1.27

Calcular Salir

Gráfico 4.7.8: Obtención del número estructural.

A.7.5. ANÁLISIS POR CAPA

a) ASFALTO

- $D'_1 = \frac{SN_1}{a_1 m_1} = 2.50'' = 3.00 \text{ Pulg}$
- $SN' = a_1 * D'_1 = 1.32$

b) BASE

- $D'_2 = \frac{SN_2 - SN'_1}{a_2 m_2} = 1.41'' = 2.00 \text{ Pulg}$
- $SN'_2 = a_2 * D'_2 = 0.236$
- $SN'_1 + SN'_2 \geq SN_2$

$$1.56 \geq 1.52 \text{ ok}$$

c) SUB BASE

- $D'_3 = \frac{SN_3 - (SN'_1 + SN'_2)}{a_3 m_3}$

$$D'_3 = -3 \text{ pulg} = 0 \text{ pulg}$$

- $SN'_3 = a_3 * D'_3$

$$SN'_3 = -0.26$$

CAPAS	Espesor calculado	Espesor planteado	
	En Pulgadas	En Pulgadas	En cm
Carpeta Asfáltica	3 "	2 "	5.00
Base Granular	2 "	2 "	5.00
Sub base granular	0 "	2.70 "	6.75

Cuadro 4.7.19: Espesores de capas.

Pero como la base granular y sub base granular deben ser mínimo 15 cm por el proceso constructivo tenemos:

CAPAS	Espesor planteado
	en Cm
Carpeta Asfáltica	5.00
Base Granular	15.00
Sub base granular	15.00

Cuadro 4.7.20: Espesores de capas.

COMPARANDO AMBOS MÉTODOS

CAPAS	Inst. Asfalto	Aashto -93.
	espesor (Cm)	espesor (Cm)
Carpeta Asfáltica	5.00	5.00
Base Granular	15.00	15.00
Sub base granular	15.00	15.00

Cuadro 4.7.21: Comparación de métodos.

ESPEORES DE CARPETA, BASE Y SUB BASE A UTILIZAR

CAPAS	espesor (Cm)
Carpeta Asfáltica	5.00
Base Granular	15.00
Sub base granular	15.00

Cuadro 4.7.22: Elección de espesores.

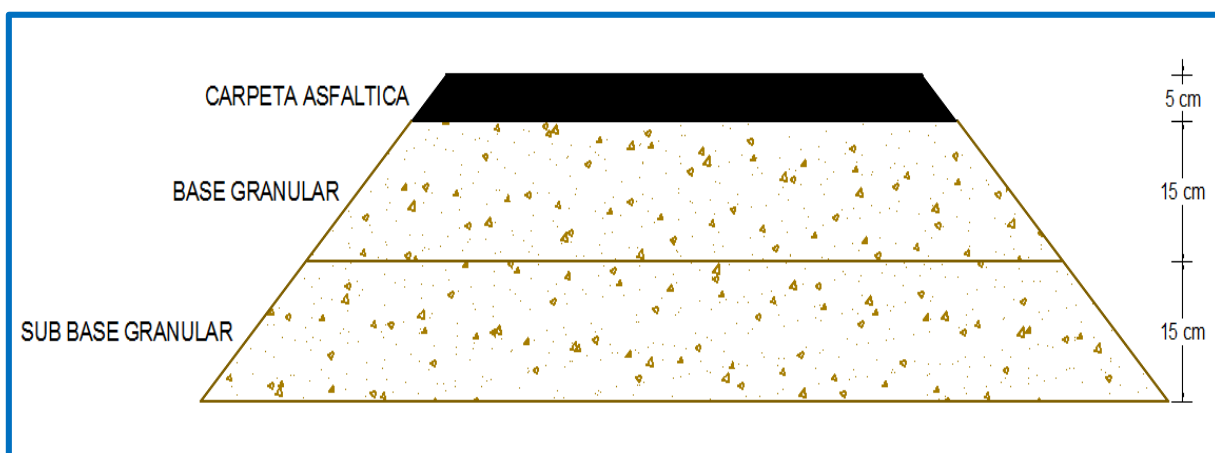


Gráfico 4.7.9: Diseño de pavimento.

4.7.2. DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

4.7.2.1. AGREGADO

Para el diseño de la mezcla asfáltica se ha considerado el material de la cantera “La Victoria”, se realizarán su análisis respectivo para su posterior interpretación y diseño de la mezcla asfáltica.

CANTERA / UBICACIÓN		"LA VICTORIA" - PÁTAPO - CHICLAYO								
TIPO DE MATERIAL		NATURAL			AGREGADO GRUESO O PIEDRA			AGREGADO FINO O ARENA		
P. ORIGINAL		5030			1817.12			2982.84		
PERD. LAVADO		230.04			0.00			0.00		
P. TAMIZADO		4799.96			1817.12			2982.84		
ABERT. MALLA		PESO			PESO			PESO		
Pulg.	mm	gr	% RET	%PASA	gr	% RET	%PASA	gr	% RET	%PASA
3"	75	0	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00		0.00	100.00
2"	50	0	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00		0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00		0.00	100.00
1"	25	0	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00		0.00	100.00
3/4"	19	496.14	9.86	90.14	496.14	27.30	72.70		0.00	100.00
1/2"	12.5	430.25	8.55	81.58	430.25	23.68	49.02		0.00	100.00
3/8"	9.5	652.27	12.97	68.62	652.27	35.90	13.12		0.00	100.00
Nº 4	4.75	238.46	4.74	63.87	238.46	13.12	0.00		0.00	100.00
Nº 10	2.00	762.05	15.15	48.72	0.00	0.00	0.00	762.05	25.55	74.45
Nº 20	0.85	615.47	12.24	36.49	0.00	0.00	0.00	615.47	20.63	53.82
Nº 40	0.425	498.37	9.91	26.58	0.00	0.00	0.00	498.37	16.71	37.11
Nº 50	0.300	264.15	5.25	21.33	0.00	0.00	0.00	264.15	8.86	28.25
Nº 100	0.15	582.43	11.58	9.75	0.00	0.00	0.00	582.43	19.53	8.73
Nº 200	0.074	125.24	2.49	7.26	0.00	0.00	0.00	125.24	4.20	4.53
PLATILLO		135.13	2.69		0.00	0.00		135.13	4.53	
SUMATORIA PLAT.		135.13			0.00			135.13		
SUMA TOTAL		4799.96			1817.12	100.00		2982.84	100.00	

Cuadro 4.7.23: Características del agregado.

Del agregado de la cantera se tiene:

	PIEDRA	ARENA
MATERIAL GRUESO RETENIDO EN LA MALLA n° 10	100.00%	25.55%
LIMO Y ARCILLA QUE PASA LA MALLA n° 200	0.00%	4.53%

De las especificaciones para carpeta asfáltica en Frío de espesor 2"

	PIEDRA	ARENA
MATERIAL GRUESO RETENIDO EN LA MALLA n° 10	65.00%	50.00%
LIMO Y ARCILLA QUE PASA LA MALLA n° 200	0.00%	3.00%

Se observa que los agregados a utilizar no cumplen las especificaciones de granulometría por lo tanto se decide calcular las proporciones de mezcla.

a) **MALLA N°10:** % retenido acumulado

Piedra : 100%

Arena : 25.54%

b) **MALLA N°200:** % que pasa

Piedra : 0%

Arena : 4.53%

Los puntos A y B quedan determinados por:

A (100,0) y B (25.54, 4.53)

Las especificaciones quedan determinadas en el triángulo, por cuatro líneas:

Material grueso: 50% y 65% y Limo Arcilla: 0% y 3%

En el gráfico se muestra el triángulo equilátero donde se une el punto **A** con el punto **B**, se toma un punto **M** que queda dentro del cuadrilátero de las especificaciones, donde:

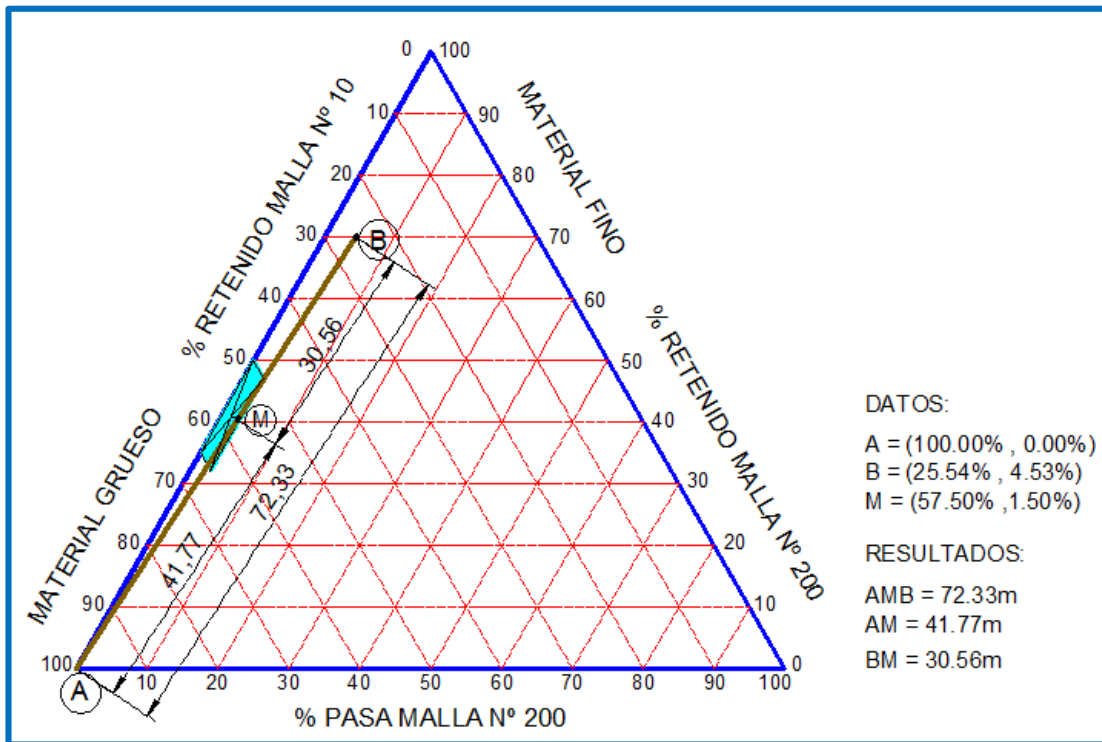


Gráfico 4.7.9: Triángulo de texturas.

Método del triángulo equilátero para obtener una mezcla de agregados deseada

\overline{AM} : % de arena

\overline{BM} : % de piedra

Si:

$$\overline{AMB} = 72.33 \text{ m}$$

$$\overline{AM} = 41.77 \text{ m}$$

$$\overline{BM} = 30.56 \text{ m}$$

Luego:

$$\text{PIEDRA} = \frac{\overline{\text{BM}}}{\overline{\text{AMB}}} \times 100$$

$$\text{PIEDRA} = \frac{30.56}{72.33} \times 100 = 42.25 \% = 42.00\%$$

$$\text{ARENA} = \frac{\overline{\text{AM}}}{\overline{\text{AMB}}} \times 100$$

$$\text{ARENA} = \frac{41.77}{72.33} \times 100 = 57.75\% = 58.00\%$$

$$\text{Entonces: } \left\{ \begin{array}{l} - \text{PIEDRA} = 42.00\% \\ - \text{ARENA} = 58.00\% \end{array} \right.$$

4.7.2.2. VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES PARA LA MEZCLA

En la tabla se efectúa la verificación de los porcentajes de agregados en la mezcla.

MALLA O TAMIZ	PIEDRA % RETENIDO	ARENA % RETENIDO	42% DE PIEDRA	58% DE ARENA	% RETENIDO EN MEZCLA	REDONDEO	% QUE PASA	% QUE PASA ESPECIFICA CIONES	
1 1/2"							100.00		
1"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	CUMPLE
3/4"	27.30	0.00	11.47	0.00	11.47	11.00	89.00		
1/2"	23.68	0.00	9.94	0.00	9.94	10.00	79.00	75 - 90	CUMPLE
3/8"	35.90	0.00	15.08	0.00	15.08	15.00	64.00		
Nº 4	13.12	0.00	5.51	0.00	5.51	6.00	58.00	50 - 70	CUMPLE
Nº 10	0.00	25.55	0.00	14.82	14.82	15.00	43.00	35 - 50	CUMPLE
Nº 20	0.00	20.63	0.00	11.97	11.97	12.00	31.00		
Nº 40	0.00	16.71	0.00	9.69	9.69	10.00	21.00	20 - 30	CUMPLE
Nº 50	0.00	8.86	0.00	5.14	5.14	5.00	16.00		
Nº 100	0.00	19.53	0.00	11.33	11.33	11.00	5.00		
Nº 200	0.00	4.20	0.00	2.44	2.44	2.00	3.00	0 - 3	CUMPLE
PLATILLO	0.00	4.53	0.00	2.63	2.63	3.00	0.00		
Σ	100.00	100.00			100.00				

Cuadro 4.7.24: Verificación del material de cantera contra las especificaciones para la mezcla

4.7.2.3. CÁLCULO DEL % DE ASFALTO EN LA MEZCLA

Se realiza por el método del área superficial equivalente

MALLA		% RET	A (PESO UNITARIO POR PESO)	K PIE2/LB	ÁREA EQUIV. AK
PASA	RET				
1	N° 3	36.00	0.360	3	1.08
N° 3	N° 10	21.00	0.210	5	1.05
N° 10	N° 20	12.00	0.120	11	1.32
N° 20	N° 30	-	-	18	-
N° 30	N° 40	10.00	0.100	27	2.70
N° 40	N° 50	5.00	0.050	36	1.80
N° 50	N° 80	-	-	55	-
N° 80	N° 100	11.00	0.110	75	8.25
N° 100	N° 200	2.00	0.020	120	2.40
N° 200	-	3.00	0.030	250	7.50
SUMA		100.00	1.00		26.10

DATOS:

- Ae= 26.10 pie²/lb
- IA = Curva N° 05 = 0.0015
- %AG= 42%
- %AF= 58%

$$P_{em} = \frac{100}{\frac{\%AG}{GS_{AG}} + \frac{\%AF}{GS_{AF}}}$$

$$P_{em} = \frac{100}{\frac{42}{2.68} + \frac{58}{2.50}} = 2.57$$

$$\%CA = \frac{A_e * I_a^{2.65}}{P_{em}} * 100$$

$$\%CA = \frac{25.76 * 0.0015 * 2.65}{2.57} * 100 = 3.98\%$$

Para MC-30 con 20% de solvente (certificado de calidad), de carpeta asfáltica en Frío.

$$MC - 30 = 3.98/0.80 = \mathbf{4.98\%}$$

ENTONCES SE CONSIDERA:

- Material Pétreo: se tomara el 95.02% en peso
- Asfalto MC- 30: se tomara el 4.98%, sumado ambos da el 100%.

4.7.2.4. CÁLCULO DEL VOLUMEN ABSOLUTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

Empleando la siguiente fórmula:

$$VOLUMEN\ ABSOLUTO = \frac{P}{S\gamma_w}$$

Donde:

P= peso de cada uno de los componentes de la mezcla

S= peso específico

γ_w = densidad del agua

Por comodidad se adopta una mezcla de peso total igual a 100 Kg; esto implica que el material pétreo pesara 95.02% y el asfalto 5.98% se considera además que se obtendrá una mezcla sin vacíos cuando este compactada o rodillada.

El volumen absoluto de la mezcla será la suma de los volúmenes absolutos de cada uno de sus componentes

AGREGADO GRUESO : $0.42*(95.02) = 39.91\%$

AGREGADO FINO : $0.58*(95.02) = 55.11\%$

ASFALTO : 4.98%

TOTAL : 100%

A) VOLUMEN ABSOLUTO PARA 100 KG DE MEZCLA

- VOLUMEN DEL AG = $39.91/2.68$ = 0.01489 m³
- VOLUMEN DEL AF = $55.11/2.50$ = 0.02204 m³
- VOLUMEN DEL ASFALTO = $4.98/1$ = 0.00498 m³

B) VOLUMEN ABSOLUTO DE LA MEZCLA = 0.0419 m³

Este valor representara el volumen teórico sin vacíos de una mezcla que pesa 100 Kg. Y que se encuentra bien compactada. Ahora se calculará la cantidad necesaria de los materiales componentes en Kg. Para obtener un m³ de mezcla asfáltica

- AGREGADO GRUESO : $39.91/0.0419$ = 952.51 Kg/m³
- AGREGADO FINO : $55.11/0.0419$ = 1,315.27 Kg/m³
- ASFALTO : $4.98/0.0419$ = 118.85 Kg/m³
- **TOTAL** = **2,386.63 Kg/m³**

El valor calculado anteriormente indica su densidad o peso unitario teórico, pero en forma práctica las mejores mezclas rodilladas no alcanzan este valor por lo que se adopta como valor máximo alcanzable 2200 Kg/m³ entonces se corrige los pesos encontrados anteriormente.

- AGREGADO GRUESO : $952.51*2200/2386.63$ = 878.03 Kg/m³
- AGREGADO FINO : $1315.27*2200/2386.63$ = 1,212.41 Kg/m³
- ASFALTO : $118.85 *2200/2386.63$ = 109.56 Kg/m³
- **TOTAL** = **2200.00 Kg/m³**

4.7.2.5. CÁLCULO EN PESO DE CADA COMPONENTE EN M² DE MEZCLA ASFÁLTICA

Se multiplica en primer lugar, por el espesor de la carpeta asfáltica planteada (2"= 5cm) a los pesos específicos corregidos en el paso anterior.

- AGREGADO GRUESO : $878.03 * 0.05$ = 43.90 Kg/m²
- AGREGADO FINO : $1212.41*0.05$ = 60.62 Kg/m²
- ASFALTO : $109.56*0.05$ = 5.48 Kg/m² (1.45 gal/m²)

(1 GALÓN AMERICANO= 3.785 lt.)

4.7.2.6. MATERIALES EN VOLUMEN POR M2 DE CARPETA ASFÁLTICA

- AGREGADO GRUESO : $43.90 / 1450 = 0.03000 \text{ m}^3/\text{m}^2$
- AGREGADO FINO : $60.62 / 1390 = 0.04400 \text{ m}^3/\text{m}^2$
- ASFALTO : $5.48/1000 = 0.00548 \text{ m}^3/\text{m}^2$
- **TOTAL** = $0.07948 \text{ m}^3/\text{m}^2$

4.7.2.7. ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CARPETA ASFÁLTICA

Se trata de una mezcla de agregado mineral (agregado grueso y agregado fino) y asfalto líquido

A) AGREGADO GRUESO

El agregado grueso será la porción del agregado retenido en el tamiz N° 10. Consistirá en fragmentos durables de piedra triturada limpia y calidad uniforme, debe estar libre de materia orgánica y otra sustancia perjudiciales que se encuentren libre o adheridas al agregado.

La piedra de la cual será extraída del agregado debe poseer una abrasión no mayor de 40 cuando se someta al ensayo de "LOS ÁNGELES", la piedra debe estar triturada de modo que sus partículas presenten una cara triturada por lo menos en un 90% de sus partículas. No se aceptan piezas chatas o alargadas, cuando se prueben para determinar la durabilidad con el sulfato de sodio, el porcentaje de pérdida máximo será de 12%.

Al ser probado por el método tentativo de ensayos para revestimientos y desprendimiento en mezclas-agregado bitumen, deberá tener un porcentaje retenido de más del 95%. En caso contrario deberá usarse un aditivo aprobado por el ingeniero supervisor.

El material deberá estar libre de materia orgánica y de terrones de arcilla y partículas adheridas de arcilla y otros materiales que podrán impedir una impregnación total en el producto bituminoso.

B) AGREGADO FINO

Será la porción del agregado que pasa el tamiz o malla N° 10 y que queda retenido en la malla N° 200 y consistirá de arena natural o cerniduras de piedra que a su vez se compondrá de partículas durables que estén libres de arcillas u otras materias dañinas.

El porcentaje de pérdida en la prueba de durabilidad al sulfato de sodio después de 5 ciclos no será mayor del 15%.

C) ASFALTO LIQUIDO MC – 30

El asfalto líquido de rápido medio (MC-30) deberá cumplir con las siguientes condiciones:

C.1. PRUEBAS DE MATERIAL ASFÁLTICO

- Punto de inflamación (capa abierta de Tag), °C mínimo = 27
- Viscosidad Saybolt- Furol: a 60°C, segundos = 250-500
- Destilación: % del total destilado a 360°C hasta 45°C, = mínimo 25
- Residuo de la destilación a 360°C
- % del volumen total por diferencia mínimo = 73
- Agua por destilación: % máx. = 0.20

C.2. PRUEBAS AL RESIDUO A LA DESTILACIÓN

- Penetración grados = 80 – 120
- Ductilidad en centímetros = 100
- Solubilidad en tetra cloruro de carbono: %min. = 99.5

El asfalto líquido MC-30 estará libre de agua y no mostrará separación o grumos antes de usarse.

La graduación de cada uno de los componentes producirá, al estar bien proporcionados, una mezcla conforme a los límites de graduación indicada en el siguiente cuadro:

ESPESOR DE ASFALTO

TAMAÑO DE LA MALLA	ASFALTO EN FRÍO
(ABERTURA CUADRADA)	AGREGADO COMBINADO TOTAL QUE PASA PARA EL PORCENTAJE
1"	100
½"	75-90
N°04	50-70
N° 10	35-50
N° 40	20-30
N° 200	0-3
ESPESOR DE LA CARPETA	2"

Cuadro 4.7.25: Elección del espesor del asfalto.

4.8. SEÑALIZACIÓN

En el área de señalización, se tuvo en cuenta clasificación y significado de las señales de tránsito del Ministerio de Transportes y comunicaciones, obteniéndose así:

- Postes Kilométricos = 8 postes (1 cada km)
- Señales reguladoras = 3 (indicadores de velocidad)
- Señales preventivas = 46 (indican giros en diferentes sentidos)
- Señales informativas = 4 (indican el nombre del lugar)
- Señal horizontal = 22.62 km (pintado de pista)

Para un mejor entendimiento y análisis de los resultados, ir al Tomo 2, sección de planos de señalización, ahí encontraremos a detalle dichos resultados.

4.9. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Se realizó el estudio de impacto ambiental aplicando la Matriz de Leopold, haciendo un análisis del medio físico, medio biótico y medio socioeconómico, dando la valoración de acuerdo a los parámetros correspondientes, y obteniendo como resultado:

- El “paisaje” es el más afectado con 14.10% de incidencia.
- La “biodiversidad” de la flora y de la fauna tienen una incidencia del 13.16%.
- La contaminación directa del suelo, con una incidencia de 12.10%.

Para un mejor entendimiento y análisis de los resultados, ir al Tomo 1, sección de estudio de impacto ambiental, ahí encontraremos a detalle dichos resultados.

4.10. ESTUDIO ECONÓMICO

En el estudio económico realizado, se logró determinar el precio de S/7'753,536.80 (siete millones setecientos cincuenta y tres mil quinientos treinta y seis con 80/100 nuevos soles) por los 7.54 km de carretera, haciendo un valor por km de S/1'028,320.53 (Un millón veintiocho mil trescientos veinte con 53/100 nuevos soles)

Para un mejor análisis del presupuesto ir a sección anexos, donde se encontrará metrados, gastos generales, costos unitarios, insumos y programación de obra.

PRESUPUESTO

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	METRADO	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
01.00.00	<u>OBRAS PROVISIONALES</u>					
01.01.00	CARTEL DE OBRA 3.60 x 7.20	und	1.00	2,573.09	2,573.09	
01.02.00	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	gbl	1.00	14,503.20	14,503.20	
01.03.00	CAMPAMENTO, OFICINAS PROVISIONALES Y PARQUE DE EQUIPOS	gbl	1.00	40,274.96	40,274.96	57,351.25
02.00.00	<u>OBRAS PRELIMINARES</u>					
02.01.00	TRAZO Y REPLANTEO	km	7.54	760.34	5,733.00	
02.02.00	CONTROL TOPOGRÁFICO	km	7.54	1,733.11	13,067.62	
02.03.00	DESBROCE Y TALA	ha	4.52	1,207.54	5,462.92	24,263.54
03.00.00	<u>MOVIMIENTO DE TIERRAS</u>					
03.01.00	CORTE EN MATERIAL SUELTO	m3	893.93	16.72	14,947.45	
03.02.00	CONFORMACIÓN DE TERRAPLÉN	m3	42,199.61	36.59	1,544,158.58	
03.03.00	ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE CORTE	m3	1,072.72	11.48	12,310.88	1,571,416.92
04.00.00	<u>PAVIMENTO</u>					
04.01.00	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RASANTE	m3	6,333.60	42.53	269,354.50	
04.02.00	SUB BASE GRANULAR	m3	9,274.20	47.06	436,420.10	
04.03.00	BASE GRANULAR	m3	9,161.10	64.72	592,877.85	
04.04.00	IMPRIMACION ASFÁLTICA	m2	58,812.00	11.79	693,412.36	
04.05.00	CARPETA ASFÁLTICA EN FRIO	m2	58,812.00	17.46	1,026,622.05	
04.06.00	SELLO ASFÁLTICO	m2	58,812.00	6.32	371,437.72	
04.07.00	TRANSPORTE DE MATERIAL, MAYOR A 1 KM DE DISTANCIA	m3	24,768.90	3.58	88,751.92	3,478,876.48
05.00.00	<u>OBRAS DE ARTE Y DRENAJE</u>					
05.01.00	LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS	und	6.00	30.86	185.18	185.18
06.00.00	<u>SEÑALIZACION</u>					
06.01.00	POSTES KILOMETRICOS	und	8.00	86.21	689.72	689.72
06.02.00	SEÑALES REGULADORAS					

06.02.01	FABRICACIÓN	und	3.00	410.01	1,230.04	
06.02.02	EXCAVACIÓN Y COLOCACIÓN	und	3.00	94.46	283.39	1,513.43
06.03.00	SEÑAL PREVENTIVA					
06.03.01	FABRICACIÓN	und	46.00	290.09	13,344.09	
06.03.02	EXCAVACIÓN Y COLOCACIÓN	und	46.00	94.46	4,345.26	17,689.35
06.04.00	SEÑAL INFORMATIVA					
06.04.01	FABRICACIÓN	und	4.00	346.83	1,387.32	
06.04.02	EXCAVACIÓN Y COLOCACIÓN	und	4.00	94.46	377.85	1,765.16
06.05.00	SEÑAL HORIZONTAL					
06.05.01	MARCAS EN EL PAVIMENTO	km	22.62	19.41	439.07	439.07
07.00.00	MEDIO AMBIENTE					
07.01.00	ACONDICIONAMIENTO DE DEPOSITOS DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	150.00	64.60	9,690.69	
07.02.00	RESTAURACION DE AREA AFECTADA POR CAMPAMENTO Y PATIO DE MÁQUINAS	m3	200.00	86.00	17,200.15	
07.03.00	REVEGETALIZACION	ha	12.06	2,382.27	28,739.68	
07.04.00	LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA	km	7.54	834.88	6,294.97	61,925.48
COSTO DIRECTO					S/	5,216,115.58
GASTOS GENERALES (14.912 %)					S/	777,850.00
UTILIDAD (10%)					S/	521,611.56
SUB TOTAL					S/	6,515,577.14
IGV (18%)					S/	1,237,959.66
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					S/	7,753,536.80
COSTO TOTAL POR KILOMETRO LINEAL						1,028,320.53

Son: Siete millones setecientos cincuenta y tres mil quinientos treinta y seis con 80/100 nuevos soles.

4.11. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Las especificaciones técnicas que a continuación se presentan, son de acuerdo al estudio económico realizado, en el mismo orden y numeración.

01.00.00 CARTEL DE OBRA 3.60 m x 7.20 m

01.01.00 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

El cartel de obra se colocará en el inicio del proyecto en un lugar visible de la zona del proyecto. La dimensión del cartel será de 3.60m x 7.20m colocado a una altura no menor de 2.50 m medida desde su parte inferior. En el letrero deberá figurar el nombre de la entidad ejecutora, nombre de la obra, tiempo de ejecución, financiamiento, modalidad de la obra, cuyo diseño será proporcionado por el Supervisor.

Ubicación: Inicio de Tramo Km. 00+000 (Centro de Esparcimiento de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo)

Método de Medición: El trabajo se medirá por unidad.

01.02.00 MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS

El Contratista, deberá realizar el trabajo de suministrar, reunir y transportar todo el equipo y herramientas necesarias para ejecutar la obra, con la debida anticipación a su uso en obra, de tal manera que no genere atraso en la ejecución de la misma.

Método de Medición: Para efectos del pago, la medición será en forma global.

La suma a pagar; por la partida **MOVILIZACIÓN y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO** Será la indicada en el Presupuesto Ofertado por el Contratista.

01.03.00 CAMPAMENTO, OFICINAS PROVISIONALES Y PARQUE DE EQUIPOS

Son las construcciones provisionales que servirán para albergue (ingenieros, técnicos y obreros) almacenes, comedores y talleres de reparación y mantenimiento de equipo. Asimismo, se ubicarán las oficinas de dirección de la obra.

02.00.00 OBRAS PRELIMINARES

02.01.00 TRAZO Y REPLANTEO

El Contratista, bajo esta partida, procederá al replanteo general de la obra, de acuerdo a lo indicado en los planos del proyecto. El mantenimiento de los Bench Marks (BMs), plantillas de cotas, estacas, y demás puntos importantes del eje será responsabilidad exclusiva del Contratista.

Método de Medición: La unidad de medida es: km.

02.02.00 CONTROL TOPOGRÁFICO

Método de Medición: La unidad de medida es: km.

02.03.00 DESBROCE Y TALA

Eliminación de arbustos y árboles de la zona de trabajo.

Método de Medición: El área que se medirá será el número de hectáreas

03.00.00 MOVIMIENTO DE TIERRAS

03.01.00 CORTE EN MATERIAL SUELTO

Esta partida consiste en la excavación y corte de material suelto a fin de alcanzar las secciones transversales exigidas en los planos. Se entiende como material común aquel que para su remoción no necesita uso de explosivos, ni de martillos neumáticos, pudiendo ser excavados mediante el empleo de tractores, excavadores o cargadores frontales, y desmenuzado mediante el escarificador de un tractor sobre orugas.

- **Taludes**

La excavación de los taludes se realizará adecuadamente para no dañar su superficie final, evitar la descompresión prematura o excesiva de su pie y contrarrestar cualquier otra causa que pueda comprometer la estabilidad de la excavación final.

Método de medición: El trabajo ejecutado se medirá en metros cúbicos de material aceptado excavado de acuerdo a lo antes especificado.

03.02.00 CONFORMACIÓN DE TERRAPLÉN

Bajo esta partida el Contratista realizará todos los trabajos necesarios para formar los terraplenes o rellenos con material proveniente de las excavaciones, de préstamos laterales o de fuentes aprobadas de acuerdo con las presentes especificaciones, alineamientos, pendientes y secciones transversales indicadas en los planos y como sea indicado por el Ingeniero Supervisor.

Materiales

El material para formar el terraplén deberá ser de tipo adecuado, aprobada por el Ingeniero Supervisor, no deberá contener escombros, tacones ni restos de vegetal alguno y estar exento de materia orgánica. El material excavado húmedo y destinado a rellenos será utilizado cuando tenga el contenido óptimo de humedad.

Todos los materiales de corte, cualquiera sea su naturaleza, que satisfagan las especificaciones y que hayan sido consideradas aptas por el Ingeniero Supervisor serán utilizados en los rellenos.

Barreras en el pie de los taludes

El contratista deberá evitar que el material del relleno esté más allá de la línea de las estacas del talud, construyendo para tal efecto cunetas en la base de estos o levantando barreras de contención de roca, canto rodado, tierras o tablonés en el pie de talud, pudiendo emplear otro método adecuado para ello, siempre que sea aprobado por el Ingeniero Supervisor.

Reserva de Material para "Lastrado"

Donde se encuentre material apropiado para lastrado se usará en la construcción de la parte superior de los terraplenes o será apilado para su futuro uso en la ejecución del lastrado.

Rellenos fuera de las estacas del Talud

Todos los agujeros provenientes de la extracción de los troncos e irregularidades del terreno causados por el contratista, en la zona comprendida entre el estacado del pie de talud, el borde y el derecho de vía serán rellenos y nivelados de modo que ofrezcan una superficie regular.

Material Sobrante

Cuando se disponga de material sobrante, este será utilizado en ampliar uniformemente el terraplén o en la reducción de pendiente de los taludes, de conformidad con lo que ordene el Ingeniero Supervisor.

Compactación

Si no está especificado de otra manera en los planos o las disposiciones especiales, el terraplén será compactado a una densidad de noventa (90%) por ciento de la máxima densidad obtenida por la designación AASHTO T-1 80-57, en capas de 0.20 m, hasta 30 cm. inmediatamente debajo de las sub - rasante. El terraplén que esté comprendido dentro de los 30 cm. inmediatamente debajo de la sub-rasante será compactado a 95% de la densidad máxima, en capas de 0.20 m. El Ingeniero Supervisor ordenará la ejecución de los ensayos de densidad en campo para determinar el grado de densidad obtenido.

Contracción y Asentamiento

El Contratista construirá todos los terraplenes de tal manera, que después de haberse producido la contracción y el asentamiento y cuando deba efectuarse la aceptación del proyecto, dichos terraplenes tengan en todo punto la rasante, el ancho y la sección transversal requerida.

El Contratista será responsable de la estabilidad de todos los terraplenes contruidos con cargo al contrato, hasta aceptación final de la obra y correrá por su cuenta todo gasto causado por el reemplazo de todo aquello que haya sido desplazado a consecuencia de falta de cuidado o de trabajo negligente por parte del Contratista, o de daños resultantes por causas naturales, como son lluvias normales.

Protección de las Estructuras

En todos los casos se tomarán las medidas apropiadas de precaución para asegurar que el método de ejecución de la construcción de terraplenes no cause movimiento alguno o esfuerzos indebidos en las estructuras existentes. Los terraplenes encima y alrededor de alcantarillas, muros de sostenimiento y muros de cabecera, se harán de material de afirmado según detalle de las estructuras, colocados cuidadosamente, intensamente apisonados y compactados y de acuerdo a las especificaciones para el relleno de las diferentes clases de estructuras.

Método de Medición: El volumen por el cual se pagará será el número de metros cúbicos de material aceptablemente colocado, conformado, regado y compactado, de acuerdo con las prescripciones de la presente especificación.

03.03.00 ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE CORTE

Bajo estas partidas se considera el traslado de material bajo la siguiente clasificación:

- Provenientes de excedentes de corte a depósitos de deshechos.
- Provenientes de excedentes de corte transportados para uso en terraplenes y sub bases.
- Provenientes de derrumbes, excavaciones para estructuras y otros.

Medición: Las unidades de medida para el transporte de materiales proveniente de excavaciones y derrumbes, serán las siguientes:

La unidad de pago de esta partida será el metro cúbico - kilómetro (m³ - km) trasladado, o sea, el volumen en su posición final de colocación, por la distancia real de transporte. El Ejecutor debe considerar los esponjamientos y las contracciones de los materiales, diferenciando los volúmenes correspondientes a distancias menores a 1 km. y distancias mayores a 1 km.

04.00.00 PAVIMENTO

04.01.00 PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE

El Contratista, realizará los trabajos necesarios de modo que la superficie de la subrasante presente los niveles, alineamiento, dimensiones y grado de compactación indicados, tanto en los planos del proyecto, como en las presentes especificaciones.

Se denomina subrasante a la capa superior de la explanación que sirve como superficie de sustentación de la capa de afirmado. Su nivel es paralelo al de la rasante y se logrará conformando el terreno natural mediante los cortes o rellenos previstos en el proyecto. La superficie de la subrasante estará libre de raíces, hierbas, desmonte o material suelto.

Método de Medición: El área a pagar será el número de metros cúbicos de superficie perfilada y compactada.

04.02.00 SUB BASE GRANULAR

Es la capa granular localizada entre la subrasante y la base granular en los pavimentos asfálticos o la que sirve de soporte a los pavimentos de concreto hidráulico, sin perjuicio de que los documentos del proyecto le señalen otra utilización”.

Medición: Las unidades de medida serán en metro cúbico.

04.03.00 BASE GRANULAR

Esta partida consiste en la conformación de una capa de fundación compuesta por grava ó piedra fracturada en forma natural o artificial, y finos (limos y arcillas), construida sobre una superficie debidamente preparada y de conformidad con los espesores, alineamientos, rasantes y secciones transversales indicados en el expediente técnico de la obra.

Materiales

El material para afirmado deberá ser un suelo granular compuesto por fragmentos de piedra o grava de diámetro no mayor de 2.5”, un ligante (limo ó arcilla) u otros materiales minerales finamente divididos; libres de material vegetal, terrones u otro de calidad indeseable.

04.04.00 IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA

Esta partida se refiere a la aplicación mediante riego, de asfalto líquido del tipo "cutback" sobre la superficie de una base no asfáltica o, en su caso, para el tratamiento primario de las superficies destinadas a estacionamientos, cruces, bermas, etc. preparada con anterioridad, y de acuerdo con las Especificaciones y de conformidad con los planos o como sea designado por el Ingeniero Supervisor.

La calidad y cantidad de asfalto será la necesaria para cumplir los siguientes fines:

- a) Impermeabilizar la superficie de la base;
- b) Recubrir y unir las partículas sueltas de la superficie;
- c) Mantener la compactación de la base; y

d) Propiciar la adherencia entre la superficie de la base y la nueva capa a construirse.

Materiales

Se utilizará asfaltos líquidos de curado medio (MC) en los grados 30 ó 70 (designación AASHTO M-82-75); o asfalto líquido de curado rápido RC-250 diluido con kerosene industrial en proporción del 10 al 20% en peso.

Aplicación de la capa de imprimación

El riego de imprimación se efectuará cuando la superficie de la base esté preparada, es decir, cuando esté libre de partículas o de suelo suelto. Para la limpieza de la superficie se empleará una barredora mecánica o sopladora según sea necesario.

Cuando se trate de un material poroso, la superficie deberá estar seca o ligeramente húmeda. La humedad de estos materiales se logrará por el rociado de agua en la superficie, en cantidad adecuada para este fin.

La operación de imprimación deberá de empezar cuando la temperatura superficial a la sombra sea de más de 13 grados en ascenso o de más de 15 grados en descenso. Se suspenderá la operación en tiempo brumoso o lluvioso.

La aplicación del material bituminoso deberá hacerse a presión para garantizar un esparcido uniforme y continuo utilizando un distribuidor autopropulsado que estará equipado con una manguera auxiliar de boquillas esparcidoras y conectada a la misma presión del sistema del distribuidor en cuanto al tamaño de la barra distribuidora, tamaño de boquillas, espaciamiento entre boquillas, ángulo de boquillas con el eje de la barra distribuidora, altura de la barra distribuidora sobre la base, capacidad y presión de bomba, serán adecuadas para obtener el fin propuesto.

La cantidad de asfalto por unidad de área será definida con la Supervisión de acuerdo a la calidad de la base y estará comprendida entre 0.70 y 1.50 lt/m² para una penetración de 7 mm por lo menos verificándose este cada 25 m; la temperatura de aplicación del riego estará comprendida, según el tipo de asfalto a usarse, dentro de los siguientes intervalos:

MC-30	21°C - 60°C
MC-70	43°C - 85°C
(RC-250) + 15% KEROSENE	25°C - 70°C

Cualquier área ubicada fuera del canal de riego del distribuidor, deberá ser imprimada con las mismas características utilizando un esparcidor auxiliar. Los excesos de asfalto serán retirados utilizando para el efecto una escoba de goma.

Durante la operación de riego se deberán tomar las providencias necesarias para evitar que estructuras, edificaciones o árboles adyacentes al área por imprimir sean salpicados por el asfaltado a presión.

El material bituminoso deberá ser enteramente absorbido por la superficie de la base. Si en el término de 24 horas esto no ocurriese, la Supervisión podrá disponer de un tiempo mayor de curado.

Cualquier exceso de asfalto al tiempo del término del curado, deberá secarse, esparciendo sobre su superficie arena limpia, exenta de vegetales y otras materias indeseables, cuya gradación corresponda a los requisitos del agregado tamaño N° 10 norma AASHTO M-43054 [ASTM D-448-54]. La superficie así imprimada, curada y secada, debe permanecer en esta condición hasta que se le aplique la placa de rodamiento.

Alguna área que no reciba el tratamiento, debe ser inmediatamente imprimada usando una manguera de esparcidor conectada al distribuidor. Si las condiciones de tráfico lo permiten, en opinión del Ingeniero, la aplicación debe ser hecha sólo en la mitad del ancho de la base por operación. Debe tenerse cuidado de imprimir la cantidad correcta de material bituminoso a lo largo de la junta longitudinal resultante. Inmediatamente después de la aplicación de la capa de imprimación, ésta debe ser protegida por avisos y barricadas que impidan el tránsito durante un período de curado mínimo de 24 horas. El material bituminoso deberá ser enteramente absorbido por la superficie de la base. Si en el término de 24 horas esto no ocurriese, la supervisión podrá disponer un tiempo mayor de curado.

Para verificar la calidad del material bituminoso, deberá ser examinado en el laboratorio y evaluado teniendo en cuenta las especificaciones recomendadas por el Instituto de Asfalto. En caso que el asfalto líquido preparado fuera

provisto por una planta especial, se deberá contar con un certificado de laboratorio que confirme las características del material.

En el procedimiento constructivo, se observará entre otros los siguientes cuidados que serán materia de verificación:

- La temperatura de aplicación estará de acuerdo con lo especificado según el tipo de asfalto líquido.
- La cantidad de material esparcido por unidad de área será la determinada con la supervisión de acuerdo al tipo de superficie; y será controlada colocando en la franja de riego algunos recipientes de peso y área conocidos;
- La uniformidad de la operación se logrará controlando la velocidad del distribuidor, la altura de la barra de riego y el ángulo de las boquillas con el eje de la barra de riego.

La frecuencia de estos controles, verificaciones o mediciones por la supervisión, se efectuará de manera especial al inicio de las jornadas de trabajo de imprimación.

Protección de las estructuras adyacentes

La superficie de todas las estructuras y árboles adyacentes al área sujeta de tratamiento, deben ser protegidas de tal manera que se eviten salpicaduras o manchas. En caso de que esas salpicaduras o manchas ocurran, el Contratista deberá por cuenta propia retirar el material y reparar todo daño ocasionado.

Mantenimiento

El Contratista deberá conservar la superficie imprimada hasta que la capa superficial sea colocada. Cualquier área de superficie imprimada que resulte dañada por el tráfico de vehículo o por otra causa, deberá ser reparada antes de que sea colocada la capa superficial.

Método de medición: El método de medición será por m² imprimado obtenidos según indicación de los planos y aprobados por el Supervisor.

04.05.00 CARPETA ASFÁLTICA EN FRIO

Este trabajo consistirá en una capa de 2" de concreto asfáltico construida sobre una base preparada, de acuerdo a las presentes especificaciones y de conformidad con los alineamientos, acotaciones y perfil tipo de la obra indicado en los planos.

Materiales:

Agregado grueso: El agregado grueso será la porción de agregado retenido en el tamiza N° 10 consistirá de fragmentos durables de piedra triturada, limpia y calidad uniforme. Debe estar libre de materia orgánica y otras sustancias perjudiciales que se encuentren libres o adheridas al agregado. La piedra de la cual sea extraído el agregado, debe poseer una abrasión no mayor de 40 cuando se someta al ensayo de Los Ángeles. La piedra debe estar triturada por lo menos el 90% de las partículas. No se aceptarán piezas chatas o alargadas. Cuando se prueben para determinar la durabilidad con el sulfato de sodio, el porcentaje máximo será 12%.

Al ver aprobado por el método tentativo de ensayos para revestimientos y desprendimiento en mezclas agregado – bitumen, deberá tener un porcentaje retenido de más de 95%. En caso contrario deberá usarse algún aditivo aprobado por el ingeniero.

El material deberá estar libre de materia orgánica y de terrones de arcilla y películas adheridas de arcilla, y otras materias que podrían impedir una impregnación total con el producto bituminoso.

Agregado fino: Será la porción del agregado que pasa por el tamiza N° 10 y consistirá de arena natural o cerniduras de piedra, que se compondrá de partículas durables que están libres de arcilla u otra materia dañina. La durabilidad será menor de 15% cuando se le someta al sulfato de sodio después de cinco años.

Relleno Mineral (Filler): El material de relleno de origen mineral que sea necesario emplear, se compondrá de polvo calcáreo, roca dolomítica, cemento Portland y otros elementos no elásticos, proveniente de fuentes de origen aprobados por el ingeniero. Estos materiales deberán carecer de materias extrañas y objetables, serán secos y libres de terrones y cuando sean

ensayados con los tamices de laboratorio, deberán llenar las siguientes exigencias granulométricas:

TAMIZ	PORCENTAJE EN PESO QUE PASA
N° 30	100
N° 100	95
N° 200	65

Cuadro 4.11.1: Exigencias granulométricas.

Material Bituminoso: El asfalto cut – back RC – 250, no debe contener agua y no mostrará separación o grumos antes de usarse.

Mezclas Asfálticas: Las mezclas asfálticas, consistirán en una mezcla de agregado grueso, agregado fino y material asfáltico proporcionado en peso (Ver diseño de mezclas asfáltico).

La graduación de cada uno de los componentes, producirán al estar bien gradados, una mezcla conforme a los límites de graduación indicado en la siguiente tabla:

Tamaño de la malla Abertura cuadrada	Agregado combinado total que pasa la malla	
	Porcentaje en peso	
1"	100	
$\frac{3}{4}$ "		100
$\frac{1}{2}$ "	75 – 90	75 – 90
Nº 4	50 – 70	50 – 70
Nº 10	35 – 50	35 – 50
Nº 40	20 – 30	20 – 30
Nº 200	0 – 3	0 – 3
Espesor de la carpeta	2"	1"

Cuadro 4.11.2: Exigencias para la mezcla asfáltica en frío.

El ingeniero especificará y aprobará la mezcla sujeta a las siguientes condiciones:

- Estará entre los límites de graduación del tipo especificado.
- La graduación de la mezcla se aproximará lo más posible al término medio de 1 porcentaje que pase por cada tamaño del tamiz del tipo de mezcla seleccionada.
- La mezcla, al ser compactada, por métodos de laboratorio, tendrá una densidad no menor de 95% de la densidad calculada de una mezcla sin vacíos compuesta de materiales similares en iguales proporciones.
- El contratista presentará por escrito una fórmula de trabajo en la que incluyan los porcentajes de agregado grueso, fino y bituminoso, la que deberá ser aprobada por el ingeniero. Cualquier cambio de fuente de

aprovisionamiento de materiales, deberá ser aprobado por el ingeniero, previa presentación de una prueba fórmula de trabajo.

- El tipo y cantidad de la mezcla estará conforme con las especificaciones indicadas en los planos.

Extracción de muestras para ensayos de gradación del agregado mineral:

Cuando lo requiera el ingeniero, se tomarán muestras de la planta, de los camiones o del pavimento terminado y cuando dicha muestra (no menos de 3 kg.), sea probada por métodos Standard de laboratorio, no debe variar de las proporciones de graduación de la fórmula de trabajo en más de 5%, en cualquier caso, según la muestra que se ensaye.

Proporciones y mezclas: Las proporciones de varios minerales que entran en la mezcla asfáltica, debe ser especificada por el ingeniero, de acuerdo con las especificaciones. El ingeniero o su representante autorizado, debe tener acceso siempre a todas las partes de las plantas de pavimentación. Los tamaños y características de operación de la mezcladora, el tipo de operación de la piedra, las mallas, la mezcladora, los tanques de almacenamiento de asfalto, el equipo de acarreo y demás partes de la planta, deben estar en tal forma que permitan una operación continua, el ingeniero puede suspender toda la operación de mezcla hasta que se hagan los ajustes necesarios para acelerar el trabajo o se instale nueva maquinaria para ello.

La cantidad de pegante bituminoso requerido, varía de acuerdo con la graduación y las características de los agregados, pero normalmente se especifica del 4 al 7% del peso del agregado seco, aplicándole en un cantidad de 0.9 a 1.1 galones.

Procedimiento Constructivo:

Colocación: Las mezclas asfálticas preparadas según las especificaciones, serán transportadas al lugar de la obra, en vehículos cerrados y limpios de toda sustancia extraña. Es despacho de estos vehículos, se arreglará de modo que todo el material sea entregado en el día. Todas las superficies de contacto en los sardineles, estructuras y todas las juntas serán pintadas con capa uniformemente delgada de asfalto. Se esparcirá la mezcla en capa o capas de tal magnitud para que al recibir la compactación final con el cilindrado o

rodillado, se obtenga el requerido espesor de la sección transversal típica. Cuando hay más de una capa, cada una se dejará curar completamente antes de empezar la otra.

Perfilado y curado del concreto asfáltico: La mezcla asfáltica, será distribuida con una pavimentadora de propulsión propia, hasta tener una superficie suave que llene todos los requisitos de la sección transversal. Antes de 24 horas no debe permitirse la compactación, a menos que la autorice el inspector de la obra.

Rodillado y compactado: La superficie debe ser apisonada entera y uniformemente por medio de una aplanadora de 3 ruedas y de un peso mínimo de 10 toneladas. El subsiguiente puede ser obtenido por una aplanadora tándem de un peso mínimo de 8 toneladas o con un rodillo de llantas neumáticas. La compactación debe comenzar longitudinalmente a los lados y progresar hacia el centro del pavimento, tomando en cada viaje por lo menos la mitad del ancho de las ruedas traseras, los viajes subsiguientes de la aplanadora, serán un poco diferentes en distancia; en curvas con peralte, la compactación debe empezar en los lados inferiores y progresar a los superiores. El cilindrado debe continuarse hasta que no se pueda obtener mayor compresión y que desaparezcan todas las marcas. La aplanadora no debe ser en ninguna ocasión tan lenta que produzca deslizamientos laterales en la mezcla. Si esto ocurre será corregido usando rastrillos y nueva mezcla donde sea requerido. No se permitirá que las aplanadoras se paren sobre el pavimento que no esté enteramente compactado; para evitar que la mezcla superficial del pavimento se adhiera a las ruedas de la aplanadora, estas deben de humedecerse con agua, pero no se debe permitir un exceso de agua en las ruedas.

Las aplanadoras deben estar en buenas condiciones de servicio. Deben tomarse precauciones para que no se derrame la gasolina, el aceite, la grasa o cualquier otro material extraño en el pavimento, cuando las aplanadoras estén trabajando o cuando estén paradas.

Pisón de mano: A lo largo de sardineles, muros o estructuras similares y en todos los puntos no accesibles a la planadora o en tales posiciones que no

permitan plena compactación con la aplanadora, será compactada la mezcla con pisones ligeramente aceitados.

Tráfico: Con excepción de una emergencia o a menos que sea estipulado en los planos, no debe permitirse el tráfico en ninguna sección de la superficie terminada, hasta 12 horas después de que se completó el cilindrado. Todo tráfico que se permita sobre este pavimento, estará sujeto a las leyes que rigen el tráfico en carreteras.

Laboratorio de campo: El contratista aportará por cuenta propia un local para el equipo de laboratorio de campo, para guardas los aparatos de ensayos, siendo este local para el uso del ingeniero y de los inspectores. No será menor de 2.5 m de lado con piso y techo que resguarde del mal tiempo, conteniendo por lo menos dos ventanas, dos puertas y una mesa de trabajo de 1.00 m de ancho y 2.00 m de largo. Este edificio estará situado de tal manera que permita observar todos los detalles de la planta desde él, por lo menos sea plenamente visibles, desde una de sus ventanas.

Requisitos de espesor y peso: Cuando los planos y las especificaciones especiales indique el espesor de un pavimento, la obra termina, no podrá variar el espesor indicado en más de un cuarto de pulgada, excepto en el caso de restauración de pavimentos existentes, que se deberá admitir una suficiente tolerancia para las irregularidades que dicho pavimento pueda causar. Se harán menciones del espesor en superficie número, antes y después de compactar para establecer la relación de los espesores del material son compactar y compactado. Luego el espesor será controlado mediante el material son compactar que se encuentre inmediatamente detrás de la pavimentadora. Cuando las mediciones así efectuadas indiquen que una sección no se encontraría dentro de los límites de tolerancia fijados para la obra terminada, la zona aún no compactada será corregida mientras el material se encuentra todavía en buenas condiciones de trabajabilidad.

Cuando los planos o las especificaciones especiales lo exijan, la colocación del material para base o pavimento medida en peso por metro cuadrado, no podrá variar en más del 10% del régimen fijado.

Control de acabado: La superficie del pavimento será verificado mediante un planilla de coronamiento que tenga la forma de perfil tipo de obra y mediante una regla de 3 metros de longitud, aplicados en ángulo recto y Paralela respectivamente, respecto al eje de la calzada. El contratista destinará personal para aplicar la citada plantilla y la regla bajo las órdenes del ingeniero, con el fin de controlar todas las superficies.

La variación de la superficie entre dos contactos de la planilla o de la regla, no podrá exceder de 1/8".

Los ensayos para comprobar la coincidencia con el coronamiento y la pendiente especificada, se harán inmediatamente después de la compactación inicial y las variaciones establecidas serán corregidas por medio de la adición o remoción del material según fuese el caso. Después de ello la compactación continuará en forma específica.

Terminada la compactación final, la lisura de la superficie terminada será controlada nuevamente y se procederá a eliminar toda irregularidad comprobada en la misma, que exceda a los límites indicados anteriormente. También se eliminarán zonas con texturas, compresión y composición defectuosas y se corregirán dichos defectos conforme a las disposiciones del ingeniero, que puedan incluir una remoción y sustitución por cuenta del contratista, de las zonas expresa.

Rectificación de los bordes: Los bordes del pavimento, serán rectilíneos y coincidentes en el trazo. Todo exceso de material será recortado después de la compactación final y depositados por el contratista fuera del derecho de vía y lejos de la vista desde el camino.

Método de medición:

Se medirá en dos partes y por separado:

Galones o kilos de bitumen empleado.

Cantidad de metros cuadrados de superficie de concreto asfáltico con cut-back RC-250, al espesor señalado en la sección transversal típica y de acuerdo con los planos y especificaciones del proyecto.

04.06.00 SELLO ASFÁLTICO

Este trabajo consistirá en una aplicación de material bituminoso con agregados de recubrimiento a una superficie asfáltica previamente preparada y en el ancho establecido en los planos.

Cantidades de material por metro cuadrado: Las cantidades aproximadas de materiales por m², destinadas a capas de sellado de los diferentes tipos deben variar entre 0.26 a 0.39 gl/m² para asfalto y de 5 a 10 kg/m² para los agregados.

Materiales:

Agregados: Los agregados para el sellado consistirán en gravillas zarandeadas o grava triturada. Estarán compuestas de partículas limpias, duras y durables. Su desgaste no será mayor de 40% a 500 revoluciones según el ensayo AASHTO T – 96. Al ser sometidas a 5 alternativas del ensayo de resistencia con el sulfato de sodio (Método AASHTO T – 104), dicho material no deberá sufrir una pérdida en peso mayor de 12%.

04.07.00 TRANSPORTE DE MATERIAL MAYOR A 1 km DE DISTANCIA

Este trabajo consiste en el traslado de todo material pagado para relleno con excedente de corte, eliminación de excedente de corte, mejoramiento de subrasante, y afirmado; a una distancia que exceda la distancia libre de transporte (transporte gratuito) y que se haya realizado de acuerdo a lo prescrito en los ítems correspondientes. A través de estas partidas se reconocerá, cuando corresponda, el pago de la partida Eliminación de Material Excedente

El transporte se pagará por m³-Km con las partidas TRANSPORTE HASTA 1 KM DE DISTANCIA Y TRANSPORTE DE MATERIAL MAYOR A 1 KM DE DISTANCIA. Ambas partidas incluyen el esponjamiento del material a transportar y el carguío está considerado en el primer kilómetro. El costo del transporte de piedra para concreto ciclópeo y mampostería, y de agregados en general, está incluido en el precio unitario del insumo mismo.

Distancia total de transporte

La distancia de transporte se medirá a lo largo de la ruta más corta determinada por el Supervisor. Si el Contratista elige transportar por camino más largo, los cálculos para el pago se harán a lo largo de la ruta elegida por el Supervisor.

Distancia libre de transporte

Es aquella que no recibe pago directo y cuyo costo se considera incluido en el precio unitario de la partida para la cual se emplea el transporte. La distancia libre de transporte será de 120 m.

Distancia de transporte

Es la diferencia entre la distancia total de transporte y la distancia libre de transporte.

Método de medición: La unidad de pago será el metro cúbico-kilómetro (m³-Km); o sea, el producto del volumen transportado medido en su posición final multiplicado por la distancia de transporte en kilómetros, computada entre los centros de gravedad del material en su posición original y su posición final (menos la distancia de transporte gratuito)

05.00.00 OBRAS DE ARTE Y DRENAJE**05.01.00 LIMPIEZA DE ALCANTARÍAS**

Comprende el trabajo de limpieza de las Alcantarillas de C°.A. Tipo Marco, existentes y en buen estado.

Método de medición: unidad

06.00.00 PAVIMENTO**06.01.00 POSTES KILOMETRICOS**

Son señales que informan a los conductores el kilometraje y la distancia al origen de vía.

El Contratista realizará todos los trabajos necesarios para construir y colocar, en su lugar, los hitos kilométricos de concreto.

Los hitos kilométricos se colocarán a intervalos de un kilómetro; en lo posible, alternadamente, tanto a la derecha, como a la izquierda del camino, en el

sentido del tránsito que circula desde el origen hasta el término de la carretera. Preferentemente, los kilómetros pares se colocarán a la derecha y los impares a la izquierda. Sin embargo, el criterio fundamental para su colocación será el de la seguridad de la señal.

Método de Medición: El método de medición es por hito, colocada y aceptada del Ingeniero Supervisor.

05.02.00 SEÑALES REGULADORAS

Las señales reguladoras se usan para regular el tránsito de la velocidad de diseño (30 Km/h) y serán ubicadas en el Km 0+000 y a la salida del área urbana del distrito.

Método de Medición: La unidad de medición es la Unidad (und), la cual abarcará la señal propiamente dicha, el poste y la cimentación. Se medirá el conjunto debidamente colocado y aprobado por el ingeniero supervisor

05.03.00 SEÑALES PREVENTIVAS

Las señales preventivas se usa para indicar, con anticipación, la aproximación de ciertas condiciones del camino o concurrentes a él, que implican un peligro real o potencial que puede ser evitado disminuyendo la velocidad del vehículo o tomando ciertas precauciones necesarias.

Preparación de señales preventivas:

Las señales preventivas serán confeccionadas con plancha galvanizada de 1/16" de espesor, de 0.60 m. x 0.60 m. con una resina poliestérica, con una cara de textura similar al vidrio, el fondo de la señal irá con material adhesivo con cinta reflectorizante color amarillo de alta intensidad; el símbolo y el borde del marco serán pintados en color negro con el sistema de serigrafía.

La parte posterior de todos los paneles se pintarán con dos manos de pintura esmalte de color negro.

El panel de la señal será reforzado con perfiles de ángulos T según se detalla en los planos. Todas las señales deberán fijarse a los tubos de fierro negro Ø 2".

05.04.00 SEÑAL INFORMATIVA

Las señales informativas y reguladoras se usan para guiar al conductor a través de una ruta determinada, dirigiéndolo al lugar de su destino. Así mismo se usan para destacar lugares notables (ciudades, ríos, lugares históricos, etc.) en general cualquier información que pueda ayudar en forma más simple y directa.

Método de Medición: La unidad de medición es la Unidad (und), la cual abarcará la señal propiamente dicha, el poste y la cimentación. Se medirá el conjunto debidamente colocado y aprobado por el ingeniero supervisor.

05.05.00 SEÑAL HORIZONTAL

Las señales horizontales, se usan para delimitar las calzadas del pavimento, y van incluidas diferentes líneas en el piso, sean continuas o discontinuas, las cuales indicarán ciertos parámetros para la circulación vehicular.

Método de Medición: La unidad de medición es en km.

07.00.00 MEDIO AMBIENTE

07.01.00 ACONDICIONAMIENTO DE DEPOSITOS DE MATERIAL EXCEDENTE

Se escogerá un lugar adecuado de la zona para depositar el material excedente.

Método de Medición: La unidad de medición es en metro cúbico.

07.02.00 RESTAURACION DE AREA AFECTADA POR CAMPAMENTO Y PATIO DE MAQUINAS

Esta partida consiste en la recuperación morfológica de la zona de campamentos y patios de máquinas restableciéndolas completamente al concluir con la obra.

Método de Medición: El trabajo por el cual se pagará por cada metro cúbico ejecutado, siendo verificados por la Supervisión antes y después de ejecutado el trabajo.

07.03.00 REVEGETALIZACIÓN

Se sembrará a lo largo del tramo a ejecutar, plantas nativas cada 50 metros, las plantas nativas, deberán tener una altura promedio de 1.50 m, con la finalidad que los conductores tengan visibilidad al conducir

Método de Medición: La unidad de medición es en unidad.

07.04.00 LIMPIEZA FINAL DE LA OBRA

Se realizará la limpieza total del proyecto ejecutado con herramientas manuales.

Método de Medición: La unidad de medición es en unidad.

3.12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.12.1. CONCLUSIONES

- El ancho de la calzada es de 6.00 m., y bermas de 0.90 m., diseñado con una velocidad de 50 km/h.
- En el 98% del trayecto, se realizará relleno al margen de la trocha, para así poder cumplir con el ancho de vía, siendo el más afectado el paisaje como impacto ambiental, con un 14.10% de incidencia.
- Se utilizará los siguientes espesores para el proyecto: 5 cm de carpeta asfáltica, 15cm de base y 15 cm de sub base.
- El costo por km de carretera asfaltada al mes de febrero del año 2016, es de S/1'028,320.53 (Un millón veintiocho mil trescientos veinte con 53/100 nuevos soles), y tendrá un plazo de ejecución no mayor a 4 meses.

3.12.2. RECOMENDACIONES

- Cumplir con el diseño al momento de ejecutar el proyecto siguiendo las especificaciones técnicas dadas en dicho documento.
- Ejecutar el proyecto en los meses de ausencia de lluvia.

BIBLIOGRAFÍA

- **Crespo V, C:** “MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES” Editorial Limusa S.A. de C.V., Grupo Noriega Editores. Cuarta Edición, 1996.
- **Fuentes LI:** “CAMINOS I: Carreteras, Ferrocarriles, Transportes”. Universidad Nacional de Ingeniería. 1996, Lima – Perú.
- **Juárez B, E; Rico R, A:** “MECÁNICA DE SUELOS. Tomo I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos”. Editorial Limusa S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores. Tercera Edición, 1996. México.
- **Ibañez, W:** “COSTOS Y TIEMPOS EN OBRAS VIALES”. Tercera Edición, 1997. Lima – Perú.

NORMATIVA

- **Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC:** Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG – 2014

ANEXOS