

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

Análisis comparativo técnico – económico entre pavimento flexible y rígido por los métodos instituto de asfalto y AASHTO-93, en Jr Abraham Valdelomar, urbanización Tambopata, distrito Juliaca, provincia San Román - Puno

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Por:

Richard Ricardo Canahui Mollo

Asesor:

Ing. Rubén Fitzgerald Sosa Aquisé

Juliaca, junio del 2021

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

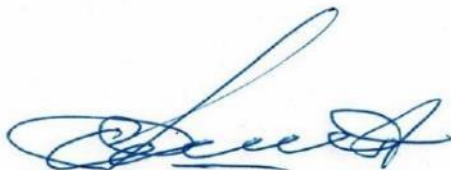
Yo, Ruben Fitzgerald Sosa Aquisé, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“Análisis comparativo técnico - económico entre pavimento flexible y rígido por los métodos instituto de asfalto y AASHTO-93, en Jr. Abrahan Valdelomar, urbanización Tambopata, distrito Juliaca, provincia San Román – Puno”** constituye la memoria que presenta el Bachiller Richard Ricardo Canahuiri Mollo para obtener el título de Profesional de Ingeniero Civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 16 días del mes de julio del año 2021



Ing. Rubén Fitzgerald Sosa Aquisé
Asesor



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 16 día(s) del mes de Julio del año 2021, siendo las 11:00 horas, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Juliaca, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: Ing. Herson Dubarly Pari Busi, el secretario: Mg. Efraim Velasquez Mamani y los demás miembros: Ing. Juana Beatriz Aquise Pari - Ing. Rina Luzmei Jampara Eicona y el asesor: Ing. Ruben Fitzgerald Sosa Aquise

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Análisis comparativo técnico - económico entre pavimento flexible y rígido por los métodos instituto de asfalto y AASHTO -93, en Jr. Abraham Valdelomar, urbanización Tambopata, distrito Juliaca, provincia San Román - Puno"

de el(los)/a(las) bachiller(es): a) Richard Ricardo Canahuiri Mollo
b)

conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero Civil
(Nombre del Título Profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/a(la)(las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): Richard Ricardo Canahuiri Mollo

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>14</u>	<u>C</u>	<u>Aceptable</u>	<u>Bueno</u>

Candidato (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente

Eddi...
Secretario

Asesor

Miembro

Miembro

Candidato/a (a)

Candidato/a (b)

DEDICATORIA

El proyecto de investigación es dedicado:

A Dios, por el camino de verdad y amor, ha sido Mi motivación, para lograr mis sueños.

A mi padre Zacarías Canahuiri Cama, mi madre Julia Mollo Alanoca y mi hermano Wilber Elvis Canahuiri Mollo, quienes con su amor sincero y apoyo incondicional han sido sostén en los momentos más difíciles de mi vida. Para lograr mis objetivos en la vida.

A Edith, quien, con su amor y paciencia, me apoyo para culminar mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por guiarme en el camino correcto, y de haberme puesto en la Universidad Peruana Unión para formación profesional.

A nuestra, Universidad Peruana Unión, y a escuela profesional de Ingeniería civil, por la oportunidad de realizar mis sueños.

A ing. Rubén Fitzgerald Sosa Aquise, por su apoyo en conocimiento y paciencia.

A Laboratorio mecánica de suelos, de la universidad peruana Unión, así como al ing. Yesenia Apaza, por su colaboración en la realización de los estudios.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	xx
ABSTRACT	xxi
CAPITULO I. EL PROBLEMA.....	22
1.1 Identificación del problema	22
1.2 Formulación del problema	24
1.2.1. Problema general.....	24
1.2.2. Problemas específicos	25
1.3 Justificación.....	25
1.4 Objetivos de la investigación	26
1.4.1 Objetivo general	26
1.4.2 Objetivos específicos	26
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	27
2.1 Antecedentes de investigación	27
2.2 Pavimentos.....	29
2.2.1 Definición de pavimento.....	29
2.2.2 Características que debe reunir un pavimento.....	29
2.2.3 Clasificación de los pavimentos.....	30
2.2.4 Pavimentos rígidos.....	30

2.2.5	Pavimentos Semi-rígidos.....	33
2.2.6	Pavimentos flexibles.....	33
2.2.7	Pavimentos articulados	34
2.3	Diseño estructura del pavimento	34
2.3.1	Diseño de pavimentos - método AASHTO-93.....	35
2.3.2	método de diseño del instituto del asfalto.....	42
2.4	Bases normativas	49
2.4.1	Diseño geométrico DG-2013.....	49
2.4.2	EG-2013	49
2.4.3	RNE-norma técnica CE. 010 – pavimentos urbanos.....	49
2.5	Estudio de tráfico.....	49
2.6	Estudio de geología y geotecnia.....	50
2.6.1	Estudios geológicos	50
2.6.2	Estudios geotécnicos	51
2.7	Estudio de topografía	54
2.7.1	Métodos basados en medidas angulares.....	55
2.7.2	Métodos basados en la medida de distancias y ángulos	55
2.7.3	Métodos de medida de desniveles	56
2.8	Análisis comparativo técnico – económico	56
2.8.1	Análisis comparativo técnico.....	56
2.8.2	Análisis comparativo económico.....	63
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS		66

3.1	Metodología y tipo de investigación	66
3.1.1	Metodología de investigación.....	66
3.1.2	Tipo de investigación.....	66
3.2	Formulación de hipótesis.....	66
3.3	Identificación de variables	66
3.3.1	Operacionalización de variables	66
3.3.2	Variables dependiente (y)	67
3.3.3	Variables independiente (x)	67
3.3.4	Indicadores	67
3.4	Población y muestra	67
3.4.1	Población.....	67
3.4.2	Muestra.....	68
3.5	Técnicas de recolección de datos.....	68
3.6	El procedimiento de elaboración del proyecto	68
3.6.1	Estudio de Tránsito	68
3.6.2	Estudio de suelo y topografía.....	68
3.6.3	Diseño estructural del pavimento rígido y flexible	69
3.6.4	Análisis económico y técnica.	69
CAPITULO IV. RESULTADOS		70
4.1	Estudios básicos de ingeniería	70
4.1.1	Estudio topográficos.....	¡Error! Marcador no definido.
4.1.2	Estudios geotécnicos	75

4.1.3	Estudio de tránsito para el diseño de pavimento.....	91
4.2	Diseño estructural pavimento flexible y rígido por la metodología AASHTO 93 y de instituto del asfalto.....	103
4.2.1	Diseño pavimento flexible por método AASHTO 93	103
4.2.2	Diseño de pavimento rígido por método AASHTO 93.....	106
4.2.3	Diseño de pavimento flexible por el método del instituto del asfalto	114
4.2.4	Diseño geométrico de la vía.....	121
CAPITULO V. DISCUSIÓN.....		127
5.1.	Comparación técnica.....	127
5.1.1	Comparación de espesores y distribución de cargas.....	127
5.1.2	Comparación del periodo de diseño	129
5.1.3	Comparación con los efectos medioambientales	130
5.1.4	Comparación del tiempo de construcción y apertura al tráfico	131
5.1.5	Comparación de la problemática en el mantenimiento	132
5.1.6	Comparación de los tipos de fallas entre los pavimentos flexible y rígido para el Jr. Abraham Valdelomar.	133
5.2.	Comparación económico..... ¡Error! Marcador no definido.	134
5.2.1	Realización del presupuesto	134
5.2.2	Análisis de rentabilidad	136
5.3.	Discusión de los resultados	158
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		163
6.1	Conclusiones	163

6.2	Recomendaciones.....	165
	CAPÍTULO VII. REFERENCIA.....	166
	CAPÍTULO VIII. ANEXO.....	169

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Periodo de análisis según clasificación de vías.</i>	37
Tabla 2. <i>Número de carriles en cada dirección % ESAL de 18 kips en el carril de diseño</i>	37
Tabla 3. <i>Nivel de confiabilidad recomendado para urbano y rural</i>	38
Tabla 4. <i>Porcentaje de personas que lo consideran inaceptable de acuerdo al nivel de serviciabilidad final.</i>	38
Tabla 5. <i>Dispositivo de transferencia de cargas</i>	38
Tabla 6. <i>Valores típicos de factores de pérdida de soporte para tipos de materiales</i>	39
Tabla 7. <i>Tasa de crecimiento del tránsito (Anual)</i>	43
Tabla 8. <i>Camiones en el carril en %.</i>	43
Tabla 9. <i>Factores de equivalencia de carga.</i>	44
Tabla 10. <i>Método de clasificación de Suelos AASHTO</i>	52
Tabla 11. <i>Cuadro de Textura superficial de pavimento asfáltico</i>	60
Tabla 12. <i>Cuadro comparativo de las diferencias técnicas del pavimento flexible y rígido</i>	61
Tabla 13. <i>Cuadro de transferencias de cargas entre pavimento flexible y rígido</i>	62
Tabla 14. <i>Aplicaciones típicas de pavimentos flexibles y rígidos</i>	62
Tabla 15. <i>Funciones de base y Subbase</i>	62
Tabla 16. <i>Daños típicos en los pavimentos flexibles y rígidos</i>	63
Tabla 17. <i>Tabla de comparación pavimento flexible – rígido en mejoramiento</i>	63
Tabla 18. <i>Tráfico Generado por Tipo de Proyecto:</i>	64
Tabla 19. <i>Con proyecto y sin proyecto el costo de mantenimiento</i>	64
Tabla 20. <i>Factores de corrección</i>	65
Tabla 21. <i>Puntos topográficos, de BMs, obtenidos con GPS en el campo</i>	72
Tabla 22. <i>Puntos topográficos recolectados con estación total.</i>	73
Tabla 23. <i>Número de Puntos a explorar</i>	76

Tabla 24. <i>Resultados de contenido de humedad de la Calicata N°01 por AASHTO</i>	78
Tabla 25. <i>Resultados de contenido de humedad de la Calicata N°02</i>	78
Tabla 26. <i>Resultados de granulometría</i>	79
Tabla 27. <i>Limite líquido ASTM D 4318 - Límite plástico ASTM D - 4318</i>	82
Tabla 28. <i>Clasificación de Suelos AASHTO</i>	82
Tabla 29. <i>Clasificación de suelos según S.U.C.S</i>	84
Tabla 30. <i>Método de compactación: Proctor modificado AASHTO T-180 MÉTODO - C</i> .85	
Tabla 31. <i>CBR de diseño “límites para selección de resistencia”</i>	88
Tabla 32. <i>Ensayo de compactación de CBR</i>	88
Tabla 33. <i>Control de determinación de la expansión</i>	89
Tabla 34. <i>Ensayo de penetración de CBR</i>	89
Tabla 35. <i>Ensayo de penetración de CBR</i>	90
Tabla 36. <i>Requerimientos granulométricos para Sub base granular</i>	90
Tabla 37. <i>Valor de K para distintos valores de confiabilidad</i>	92
Tabla 38. <i>Datos para el cálculo de la desviación estándar (S)</i>	93
Tabla 39. <i>Parque Automotor del Perú, según departamento</i>	94
Tabla 40. <i>Número Percentil del CBR en base al EAL</i>	109
Tabla 41. <i>Valores típicos de factores de pérdida de soporte para varios tipos de materiales</i>	110
Tabla 42. <i>Tasa Anual de Crecimiento del Tránsito</i>	115
Tabla 43. <i>Porcentaje de camiones en el carril de diseño</i>	115
Tabla 44. <i>Espesores de superficie de concreto asfáltico en bases granulares sin estabilizar</i>	116
Tabla 45. <i>Espesores de la estructura de pavimento flexible</i>	121
Tabla 46. <i>La velocidad de diseño respecto a parada de visibilidad</i>	122
Tabla 47. <i>Radios Mínimos</i>	124

Tabla 48. <i>Ancho de Carril.</i>	126
Tabla 49. <i>Bombeo de la Calzada.</i>	126
Tabla 50. <i>Resumen de espesor de pavimento flexible</i>	128
Tabla 51. <i>Resumen de espesores del pavimento rígido</i>	128
Tabla 52. <i>Comparación de los efectos del agua y la temperatura en los pavimentos flexibles rígido para el Jr. Abraham Valdelomar.</i>	130
Tabla 53. <i>Comparación de la relación con el medio ambiente entre los pavimentos para el Jr. Abraham Valdelomar.</i>	131
Tabla 54. <i>Comparación de la problemática en el futuro mantenimiento de los pavimentos para el Jr. Abraham Valdelomar.</i>	132
Tabla 55. <i>Comparación de los tipos de falla entre los pavimentos para el Jr. Abraham Valdelomar</i>	133
Tabla 56. <i>Espesores final pavimento flexible – método Instituto de Asfalto</i>	134
Tabla 57. <i>Espesores final pavimento rígido – método AASHTO 93</i>	134
Tabla 58. <i>Tráfico generado por tipo de proyecto:</i>	137
Tabla 59. <i>Caracterización de la vía en estudio sin proyecto.</i>	139
Tabla 60. <i>Caracterización de la vía en estudio con proyecto</i>	139
Tabla 61. <i>Costo de mantenimiento con proyecto y sin proyecto.</i>	141
Tabla 62. <i>Factores de corrección.</i>	142
Tabla 63. <i>Costo pavimento flexible.</i>	143
Tabla 64. <i>Factores para el costo de mantenimiento.</i>	143
Tabla 65. <i>Factores Sociales:</i>	143
Tabla 66. <i>Costo de inversión y mantenimiento a precios privados - pavimento flexible.</i> ..	144
Tabla 67. <i>Tabla de costo de inversión y mantenimiento a precios sociales - pavimento flexible.</i>	144
Tabla 68. <i>Resumen de costos de inversión por actividad pavimento asfáltica</i>	145

Tabla 69. <i>Resumen de costos de inversión por mano de obra calificada, no calificada, materiales y equipos de pavimento asfáltico</i>	146
Tabla 70. <i>Resumen de costos de inversión a precios sociales de pavimento asfáltico</i> ..	146
Tabla 71. <i>Costos incrementales para pavimento asfáltico- precios de mercado</i>	147
Tabla 72. <i>Costos incrementales para pavimento asfáltico - a precios social</i>	147
Tabla 73. <i>Evaluación costo – efectividad a precios sociales pavimento asfáltico</i>	148
Tabla 74. <i>Evaluación costo – efectividad a precios privado pavimento asfáltico</i>	148
Tabla 75. <i>Costo pavimento flexible</i>	149
Tabla 76. <i>Factores para el costo de mantenimiento</i>	149
Tabla 77. <i>Factores Sociales:</i>	149
Tabla 78. <i>Tabla de costo de inversión y mantenimiento a precio privado pavimento rígido</i>	150
Tabla 79. <i>Tabla de costo de inversión y mantenimiento a precios sociales pavimento rígido</i>	150
Tabla 80. <i>Resumen de costos de inversión por actividad pavimento rígido</i>	151
Tabla 81. <i>Resumen de costos de inversión por mano de obra calificada, no calificada, materiales y equipos de pavimento rígido</i>	151
Tabla 82. <i>Resumen de costos de inversión a precios sociales pavimento rígido</i>	152
Tabla 83. <i>Costos incrementales para pavimento rígido- precios de mercado</i>	153
Tabla 84. <i>Costos incrementales para pavimento rígido - a precios social</i>	153
Tabla 85. <i>Evaluación costo – efectividad a precios sociales pavimento rígido</i>	154
Tabla 86. <i>Evaluación costo – efectividad a precios privado pavimento rígido</i>	154
Tabla 87. <i>Selección de alternativa a precios Privados</i>	155
Tabla 88. <i>Selección de alternativa a precios social</i>	155
Tabla 89. <i>Diseño y costo final de las alternativas</i>	157
Tabla 90. <i>Comparación estructural entre pavimento rígido y flexible</i>	159

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Mapa de la Urbanización de Tambopata, pavimentadas	23
<i>Figura 2:</i> Donde se puede visualizar el, Jr. Abraham Valdelomar de la Juliaca, urbanización Tambopata, en las condiciones no transitables.....	23
<i>Figura 3:</i> Presencia de Charcos, Agua en Temporada de Lluvia	24
<i>Figura 4:</i> Pavimento Rígido típica en estructura	30
<i>Figura 5:</i> Estructura típica de un pavimento asfáltico.....	34
<i>Figura 6:</i> Módulo compuesto de reacción de la subrasante (Módulo balasto compuesto)	40
<i>Figura 7:</i> Considerando efectos de fundación rígida cerca de la superficie.....	41
<i>Figura 8:</i> Corrección de módulo efectivo de reacción de subrasante	41
<i>Figura 9:</i> Ecuación AASHTO 93.....	42
<i>Figura 10.</i> Factor de ajuste de los ejes equivalentes por presión de la llanta.	45
<i>Figura 11.</i> Gráfica para el diseño de pavimento de concreto asfáltico de una sola capa (7°C).....	47
<i>Figura 12.</i> Gráfica para el diseño de pavimento concreto asfáltico de una sola capa (15.5°C).....	48
<i>Figura 13:</i> Carta de Plasticidad	54
<i>Figura 14:</i> Ubicación zona del proyecto	68
<i>Figura 15:</i> Punto de referencia BMs. 2.....	71
<i>Figura 16:</i> Levantamiento topográfico en Jr. Abraham Valdelomar	74
<i>Figura 17:</i> Levantamiento topográfico en Jr. Abraham Valdelomar	74
<i>Figura 18:</i> Extracción de muestra de la calicata N°01 en campo.	77
<i>Figura 19:</i> Extracción de muestra de la calicata N°02 en campo.	77
<i>Figura 20:</i> realización de contenido de humedad	78

<i>Figura 21:</i> Muestra tamizado después de lavado y secado en horno Calicata N°01 ñy N02	80
<i>Figura 22:</i> Muestra tamizado después de lavado y secado en horno Calicata N°01 y N02	80
<i>Figura 23:</i> realización de ensayo de Proctor modificado.	86
<i>Figura 24:</i> compactación de CBR	88
<i>Figura 25:</i> Lectura de expansión.....	89
<i>Figura 26:</i> realización de penetración.....	90
<i>Figura 27:</i> Aforo vehicular de domingo (13/10/2019) al sábado (19/10/2019). Carril derecho y carril izquierdo	91
<i>Figura 28:</i> Peso máximo por eje o conjunto de ejes (Valores de $P1$).	98
<i>Figura 29:</i> Parte de la Tabla de medidas máximas y pesos permitidas	99
<i>Figura 30:</i> Aforo vehicular para estudio de tráfico	100
<i>Figura 31:</i> Resumen conteo tráfico semanal.....	100
<i>Figura 32:</i> Cálculo de ejes equivalentes para pavimento flexible (ESAL) Elaboración acuerdo guía de AASHTO 93	101
<i>Figura 33:</i> Cálculo de ejes equivalentes para pavimento rígido (ESAL) Elaboración de acuerdo guía de AASHTO 93	102
<i>Figura 34:</i> Tránsito del primer año en servicio para pavimento rígido.....	108
<i>Figura 35:</i> reacción de la subrasante el cálculo Monograma.....	109
<i>Figura 36:</i> Módulo Compuesto de Reacción de la Sub Rasante (Módulo Balasto Compuesto).....	111
<i>Figura 37:</i> Considerando efectos de fundación rígida cerca de la superficie.	112
<i>Figura 38:</i> Corrección del Módulo Efectivo de Reacción de Sub Rasante:.....	112
<i>Figura 39:</i> Ecuación AASHTO 93.....	113
<i>Figura 40:</i> Espesor de pavimento de concreto.....	114

<i>Figura 41: Factor de ajuste de los ejes equivalentes por presión de llanta.....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 42: Ábaco para determinar el espesor del pavimento completo de concreto asfáltico.....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 43: Ábaco para determinar el espesor de la capa asfáltica considerando un agregado de base de 150 mm. De espesor.</i>	<i>119</i>
<i>Figura 44: Ábaco para determinar el espesor de la capa asfáltica considerando un agregado de base de 300 mm de espesor.</i>	<i>120</i>
<i>Figura 45: Clasificación de Vías Urbanas sus parámetro vinculado para el diseño.</i>	<i>121</i>
<i>Figura 46: Distancia de Visibilidad de Paso (Da) respecto a la Velocidad de diseño.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 47: Alineamientos Rectos</i>	<i>124</i>
<i>Figura 48: Sección típica Transversal,</i>	<i>125</i>
<i>Figura 49: Comparación de la distribución de cargas en pavimentos equivalentes para el Jr. Abraham Valdelomar.....</i>	<i>129</i>
<i>Figura 50: Comparación del periodo de diseño de los pavimentos para el Jr. Abraham Valdelomar.</i>	<i>130</i>
<i>Figura 51: Perfil de la vía en estudio</i>	<i>136</i>
<i>Figura 52: Determinación del tránsito actual</i>	<i>138</i>
<i>Figura 53: gráfico de determinación del tránsito actual</i>	<i>138</i>
<i>Figura 54: Comparación de espesores de los pavimentos.....</i>	<i>159</i>
<i>Figura 55: Comparación de movimiento de tierra en los pavimentos</i>	<i>160</i>
<i>Figura 56: Comparación de distribución de cargas</i>	<i>160</i>
<i>Figura 57: Comparación económico entre pavimento rígido y flexible (Precios privados)</i>	<i>161</i>
<i>Figura 58: Comparación económico entre pavimento rígido y flexible (Precios privados)</i>	<i>161</i>

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ESTUDIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA.....	169
ANEXO A - 1: ESTUDIO DE TOPOGRAFÍA.....	169
ANEXO A - 2: ESTUDIO DE TRÁFICO.....	172
ANEXO A - 3: ESTUDIO GEOTÉCNICOS.....	184
ANEXO B: DISEÑO ESTRUCTURAL PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE.....	205
ANEXO B - 1: DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO INSTITUTO DEL ASFALTO.....	205
ANEXO B - 2: DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO POR EL MÉTODO AASHTO 93.....	220
ANEXO C: COMPARACIÓN ECONÓMICA.....	225
ANEXO C - 1: COSTOS Y PRESUPUESTOS.....	225
ANEXO C - 2: EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	264
ANEXO A: PLANOS.....	272
ANEXO D - 1: PLANO DE UBICACIÓN.....	273
ANEXO D - 2: PLANO EN PLANTA PERFIL.....	274
ANEXO D - 3: PLANO DE SECCIONES.....	277

SÍMBOLOS USADOS

AASHTO	: American association of state highway and transportation officials.
ASTM	: American society of testing materials.
f_c	: Resistencia a la compresión del concreto, kg/cm ² .
CBR	: California bearing ratio.
σ	: Desviación estándar.
A°F°	: Agregado fino.
A°G°	: Agregado grueso
W%	: Contenido de humedad
TM	: Tamaño máximo del agregado.
TMN	: Tamaño máximo nominal del agregado.
P.U.	: Precio unitario.
NTP	: Norma técnica peruana.
MTC	: Ministerio de transporte y comunicaciones.
FEC	: Factor de equivalencia de carga.
ESAL	: Número de ejes equivalentes
DD	: Factor de distribución direccional
DL	: Factor de distribución por carril

RESUMEN

El proyecto de investigación es comparar tanto técnica y económica de pavimento flexible (concreto asfáltico), y pavimento rígido (concreto hidráulico simple), como las alternativas de pavimentación en Jr. Abraham Valdelomar, urbanización Tambopata, distrito de Juliaca, provincia de San Román. Se realiza diseño de pavimento para ambos, utilizando las metodologías de diseño AASHTO 93 e Instituto del Asfalto, para las mismas condiciones que se encuentra el suelo de fundación, con los datos de estudio tránsito ESAL y periodo de diseño. Con diferentes espesores de carpetas obtenidas en cálculos para los pavimentos, se realiza el análisis de comparación de costo-efectividad. Y en la parte técnica compara la eficacia y comportamiento del pavimento. El objetivo general analizar la comparación técnica y económica más factible, con las condiciones de ESAL de diseño y del suelo IN SITU entre pavimento rígido - flexible mediante los métodos AASHTO 93 e Instituto de Asfalto, en Jr. Abraham Valdelomar. Los objetivos específicos son: Realizar el estudio de tránsito para ESAL de diseño, determinar las características del suelo con fines de pavimentación en rígido y flexible a nivel de rasante, sub rasante, y el estudio de topografía, diseño estructural de pavimento rígido y flexible mediante los métodos convencionales AASHTO 93 e Instituto de Asfalto, finalmente con los datos obtenidos se analiza y compara la factibilidad del pavimento rígido y flexible tanto en económico y técnica mediante metodología costo – efectividad. Analizar, relacionar las diferencias entre pavimento flexible y rígido mediante balance económico aplicando el método costo – efectividad, la mejor alternativa es pavimento flexible con un costo C/E S/. 831,885.74, tanto en la rentabilidad como en el costo efectivo al menor VAC. Que indica la alternativa más beneficiosa que se ajusta al proyecto. Un mejor mantenimiento y diseño ayudará a cumplir su periodo de vida útil considerando las condiciones del IN SITU.

Palabra clave: Diseño, pavimento, metodología, alternativa, comparación.

ABSTRACT

The research project is to compare both technical and economical of flexible pavement (asphalt concrete), and rigid pavement (simple hydraulic concrete), as paving alternatives in Jr. Abraham Valdelomar, Tambopata urbanization, district of Juliaca, province of San Roman. Pavement design is carried out for both, using AASHTO 93 and Asphalt Institute design methodologies, for the same conditions as the foundation soil, with ESAL traffic study data and design period. With different binder thicknesses obtained in pavement calculations, a cost-effectiveness comparison analysis is performed. And in the technical part, it compares the efficiency and performance of the pavement. The general objective is to analyze the most feasible technical and economic comparison, with the ESAL conditions of design and IN SITU soil between rigid - flexible pavement using the AASHTO 93 and Asphalt Institute methods, in Jr. Abraham Valdelomar. The specific objectives are: Conduct the traffic study for design ESAL, determine the characteristics of the soil for paving purposes in rigid and flexible at grade level, subgrade, and topography study, structural design of rigid and flexible pavement using conventional methods AASHTO 93 and Asphalt Institute, finally with the data obtained is analyzed and compared the feasibility of rigid and flexible pavement both in economic and technical through cost - effectiveness methodology. Analyze, relate the differences between flexible and rigid pavement through economic balance applying the cost-effectiveness method, the best alternative is flexible pavement with a C/E cost S/. 831,885.74, both in profitability and effective cost at the lowest VAC. This indicates the most beneficial alternative that fits the project. A better maintenance and design will help to fulfill its useful life period considering the IN SITU conditions.

Keyword: Design, pavement, methodology, alternative, comparison.

CAPITULO I.

EL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

La ciudad de Juliaca está en crecimiento económico, demográfico y poblacional, según INEI en el censo del año 1993 se registró 151,960 habitantes, en el año 2007 registra 225,146 y en la última encuesta del censo que se realizó en el año 2017 fue 235,110 habitantes (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018), a causa ello hay crecimiento de la ciudad, urbanizaciones, manzanas, avenidas y jirones, también aumento de vehículos de todo tipo, como resultado varios calles se encuentran sin pavimento ni con mantenimientos por motivos que las urbanizaciones son recientes o no ponen en función el plan de ordenamiento territorial, en tiempos de lluvia no se puede transitar las calles como peatonal ni con el vehicular por mal estado que se encuentran las calles, por las inundaciones en los jirones, lo cual ocasiona problemas de tráfico caos vehicular en los jirones pavimentados, generando daños colaterales a la población de Juliaca, como daños vehiculares, afecta en tiempo de llegada a su destino los escolares y ciudadanos, las calles pavimentadas se deterioran rápidamente a causa de infiltración de agua a base y Subbase en tiempos lluviosos.

Urbanización Tambopata solo tiene pavimentada, Av. Daniel Robles y Jr. Santiago Geraldo se puede observar en la Figura 01, resto de avenidas y jirones como Jr. Abraham Valdelomar, se encuentra en circunstancia intransitables, en temporada de lluvias en el mes de diciembre - marzo a causa de inundaciones presencia de barro y otros obstáculos se puede ver en Figura 02 y 03, mencionado el Jr. Abraham Valdelomar es clave para el tránsito de los ciudadanos y de los estudiantes del centro educativo; I.E.P. Carlos Dante Nava Silva y I.E.I. Jardín de Tambopata, es muy necesario intervenir dicho Jr. Abraham Valdelomar para mejor accesibilidad a los centros de estudio, para que los ciudadanos o

estudiantes puedan trasladarse sin ningún obstáculo tanto peatonal y vehicular ya que el Jr. Es el principal acceso al centro de estudio.



Figura 1. Mapa de la Urbanización de Tambopata, pavimentadas Av. Daniel Robles y Jr. Santiago Gerardo.
Fuente: (Google Maps, 2021)



Figura 2: Donde se puede visualizar el, Jr. Abraham Valdelomar de la Juliaca, urbanización Tambopata, en las condiciones no transitables.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3: Presencia de Charcos, Agua en Temporada de Lluvia
Fuente: Elaboración propia

Tomando en consideración los antecedentes mencionados con presentación de figuras, se propone realizar el estudio del pavimento rígido y flexible para analizar técnica y económica cada uno de ellos y plantear la mejor factibilidad del pavimento para la ciudad de Juliaca – urbanización Tambopata - Jr. Abraham Valdelomar.

Según Platero (2017), menciona que la “Infraestructura vial, es suma importancia ya que existe exigencia de disponer en la ciudad un vía que integre en las avenidas claves principales, que garantice la accesibilidad para peatonal y vehicular con máxima seguridad” Juliaca es una de las ciudades comerciales con más movimiento económico del región de Puno y del sur del país se encuentra con frontera república de Bolivia, por ello es muy importante la infraestructura vial para la seguridad y comodidad de población.

1.2 Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Qué pavimento es más factible rígido o flexible en Jr. Abraham Valdelomar, considerando el ESAL de diseño y las condiciones del suelo IN SITU mediante los métodos

de AASHTO 93 e Instituto de Asfalto y a través de un análisis comparativo técnico y económico?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el ESAL de diseño para el Jr. Abraham Valdelomar?
- ¿Qué características se obtendrá del suelo con fines de pavimentación en rígido y flexible a nivel de rasante, sub rasante y el estudio de topografía en Jr. Abraham Valdelomar?
- ¿Cuál es la estructura del pavimento rígido y flexible mediante los métodos convencionales AASHTO 93 e Instituto de Asfalto, considerando ESAL de diseño y características del suelo a nivel rasante y sub rasante?
- ¿Cuál es la factibilidad económica y técnica del pavimento rígido y flexible mediante la metodología de costo y efectividad?

1.3 Justificación

Este trabajo de investigación a nivel de proyecto es una contribución de la infraestructura vial; En la ciudad de Juliaca – urbanización de Tambopata del Jr. Abraham Valdemar se realizará el análisis comparativo económica y técnicamente con el diseño de pavimento obtenido por el método de Instituto de Asfalto y AASHTO–93 con la condiciones que se encuentra el suelo en el lugar, el pavimento es basado en mecánica de materiales y métodos racionales, que las metodías de diseño actual indican una preferencia marcada por los métodos mencionados

El procedimiento es empírico mecanísticos en conocimientos que articulan cargas por eje que son solicitadas para transmitir en el sistema estructural determina el pavimento con los resultados obtenidas en términos de esfuerzo y deformación en el lugar de la investigación en la ciudad de Juliaca del Jr. Abraham Valdelomar.

Al obtener los resultados del estudio comparativo de los diseños analizados como técnica y económico se podría elegir uno de los métodos más adecuados, por lo cual el

pavimento más probable para el Jr. Abraham Valdelomar de la ciudad Juliaca; se puede proceder con la construcción de pavimento más eficaz y económico con más vida útil, para mejorar el servicio de transitabilidad brindando mejor de vida a los beneficiarios de ciudad de Juliaca, como transportistas, comerciales y la población.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Analizar la comparación técnico y económico más factible, con las condiciones ESAL de diseño y del suelo IN SITU, entre pavimento rígido - flexible mediante los métodos AASHTO 93 e Instituto de Asfalto, en Jr. Abraham Valdelomar de la ciudad de Juliaca.

1.4.2 Objetivos específicos

- **OE.1.** Realizar estudio de tránsito para determinar ESAL de diseño en Jr. Abraham Valdelomar.
- **OE.2.** Determinar las características del suelo con fines de pavimentación en rígido y flexible a nivel de rasante, sub rasante y del estudio de topografía en Jr. Abraham Valdelomar.
- **OE.3.** Realizar el diseño estructural del pavimento rígido y flexible mediante los métodos convencionales AASHTO 93 e Instituto de Asfalto, considerando ESAL de diseño y con caracterización del suelo a nivel rasante y sub rasante.
- **OE.4.** Analizar y comparar la factibilidad de pavimentos rígido y flexible, tanto económica y técnica mediante metodología costo – efectividad.

CAPITULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigación

Chambilla & Chagua (2017), efectuó trabajo de investigación titulada: “Estudio comparativo técnico-económico entre pavimento rígido y pavimento flexible como alternativa de pavimentación de la avenida circunvalación del distrito de Yunguyo, provincia de Yunguyo – Puno”. Realizó la investigación comparación técnico-económica de la alternativa de pavimentación más factible en la avenida circunvalación. El objetivo principal es comparar técnica y económica, usando AASHTO 93 y Racional para ambos pavimentos. Objetivos específicos son: pavimento flexible y rígido comparar técnicamente. A su vez Comparar económico a los pavimentos, por la metodología AASHTO -93 el costo supera 70% en pavimento rígido y flexible 30%, supera el costo diseñado por la metodología racional. En conclusión, el pavimento rígido por método racional, el espesor es menor a flexible, en caso de la comparación económica en costo – beneficio el pavimento flexible es la mejor alternativa con mejor rentabilidad.

Calla, (2015), investigación titulada: “Pavimentación de los jirones Achaya, Manco Cápac, conde de Lemus, Arica y puno de la municipalidad distrital de Caminaca- Azángaro del departamento de Puno”, su objetivo general, es mejorar transitabilidad en la vía, con estudio definitivo para construir la pavimentación, a la fecha no fue intervenida y se encuentra en malas condiciones, por ello se plantea pavimentación en las calles de Caminaca para brindar un mejor transitabilidad para la población; en el proyecto de investigación da una propuesta pavimento rígido en los jirones detallada Achaya con una longitud de 76.00m con una ancho de servicio variable de 7.8m.

Lupaca (2017), su trabajo de investigación fue titulado: “Estudio definitivo de la alimentación de la Av. Túpac Amaru de la municipalidad distrital de Llalli-Melgar-Puno” el objetivo generales es plantear proponer expediente técnico para la construcción de

pavimento, ofrecer buenas condiciones de transitabilidad, en la actualidad la carretera se encuentra en malas condiciones, se sugiere una propuesta de estudio definitivo para la Av. Túpac Amaru en ciudad de Llalli para mejorar la transitabilidad, la propuesta es pavimentar 500 metros con las metodologías de AASHTO 93 y PCA de pavimento rígido con ancho de servicio de 16 metros de concreto hidráulico y con espesor de 20cm. El proyecto aporta integración de su calle a través de un estudio de pavimentación de acuerdo con las normas establecidas con el único objetivo de sugerir la ejecución, a su vez se presenta a la municipalidad distrital de Llalli.

Platero (2017), elaboró una investigación titulada, “Análisis y diseño de pistas y veredas de los jirones San Bartolomé y Túpac Yupanqui del barrio manto central del distrito y provincia de Puno”. Objetivo es realizar un cálculo de pavimento con su estudio de pre inversión en la ciudad de Puno en jirones San Bartolomé y Túpac Yupanqui; el objetivo mejorar la situación de transitabilidad peatonal y vehicular de la mención de jirones, para ello se realiza los estudios básicos como; topografía, geología, geotécnico, hidrológico y tráfico, a su vez en diseño del pavimento. Se emplearon evaluación de impacto ambiental para contribuir positivamente, en el caso del proyecto el pavimento rígido es más factible económicamente, estudios básicos como topografía, hidrología, suelos, diseño mezcla y geométrico.

Neyra (2016), realizó una investigación titulada, “Mejoramiento y rehabilitación de infraestructura vial urbana en el barrio nuevo san miguel de la ciudad de Ilave – provincia de el Collao - Puno”, su objetivo del proyecto es efectuar el diseño de pavimento rígido estructural con los estudios básicos de ingeniería de la infraestructura vial de la urbanización de Barrio Nuevo y San Miguel, con los métodos American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 93) y Portland Cement Association (PCA), para el cálculo de pavimento. Ellos realizaron los estudios básicos como topografía, hidrología, estudio de suelos, diseño mezcla y diseño geométrico.

Núñez (2016), su investigación titulada, "Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de geo sintéticos." Su objetivo es analizar el uso de geo sintético, relacionados con el refuerzo de sub base granular dentro de pavimento flexible ya que es un método moderno, y para alargar la vida útil se utiliza en todo el mundo, que son duraderas, eficientes y económicas, en el presente proyecto se empleó la teórica de expediente de un vía con materiales óptimos, por falta de normas en nuestro país Perú está restringido; para ello existen estudios en diferentes países, donde se muestra los modelos a escala real para elaborar diseños aptos para nuestro país.

2.2 Pavimentos

2.2.1 Definición de pavimento

Según Montejo (2002), indica que un "pavimento rígido es una losa basado en concreto simple o armado, es apoyado directo a Subbase, la distribución de cargas de rueda que ejercen sobre el pavimento y que absorbe módulo de elasticidad, en la base y sub rasante las tensiones son muy bajas a su vez en pavimento flexible sucede a lo contrario, en su menor rigidez transmiten los esfuerzos hacia las capas inferiores, lo cual tienen mayores tensiones en la sub rasante y las capas superiores".

2.2.2 Características que debe reunir un pavimento

Según Montejo (2002), indica que para mejor durabilidad de pavimento se debe cumplir los siguientes requisitos en mención:

- ✓ Resistente de cargas impuestas por el tránsito.
- ✓ Resistencia ante agentes de intemperismo.
- ✓ Debe ser resistente al desgaste de las llantas de vehículos, con seguridad vial definitiva, para las velocidades previas de circulación de los vehículos que presenta una textura superficial que se adapta a ello.
- ✓ Que permiten adecuada comodidad a la población en función de las longitudes ondas de las imperfecciones y regularidad superficial.

- ✓ Ser estable.
- ✓ Con respecto al drenaje presenta condiciones adecuadas.
- ✓ Usuario que afecta el ruido de rodadura al interior debe ser moderado.
- ✓ Económico.
- ✓ En tema de color no debe ser efectivo, obnubilación y ofrecer una mejor seguridad al tránsito.

2.2.3 Clasificación de los pavimentos

Según Montejo (2002), nos indica que “que los pavimentos se clasifican en; Pavimentos articulados, semirrígidos, flexibles y rígidos,” que detalla en siguiente párrafo.

2.2.4 Pavimentos rígidos

Los rígidos están constituidas en su propia carpeta, por lo regular apoyada justo sobre dos capas base y la sub base tienen conjunto en orden que no se puede alterar los componentes que se adaptan en rígido son dos componentes; la sub base y la superficie de rodadura, losa de concreto puede visualizarse en la figura 4., pavimento rígido convencional para la región es la mejor aplicación frente a la alternativa de solución del deterioro para externa (Montejo, 2002).

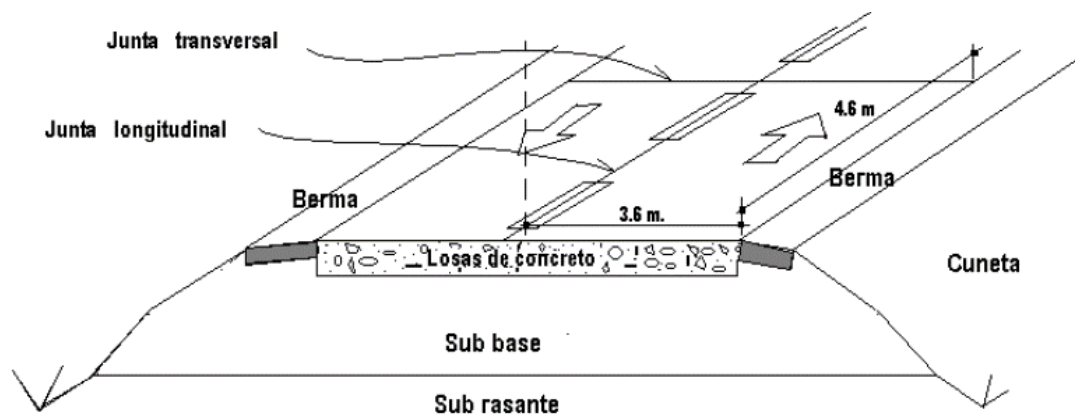


Figura 4: Pavimento Rígido típica en estructura
Fuente: (Monsalve, Giraldo, & Maya, 2012)

Funciones de las capas de un pavimento rígido

Subrasante

Montejo (2002), menciona que la “estructura de pavimento descansa encima de ello y afecta la carga de tránsito previsto que está formada en corte y relleno, sub rasante debe cumplir requisitos de resistencia para su espesor de pavimento y su capacidad”.

Sub base

Si se ubica entre sub rasante y pavimento rígido que consta de capas compactadas de material seleccionada sirve para prevenir el bombeo y debe cumplir con soportar, distribuir las cargas de la superficie de losa de pavimento rígido, también debe controlar volumen y elasticidad que son dañinos para la estructura (Montejo, 2002).

Superficie - rodadura.

El pavimento debe ser de concreto simple o reforzado, está encima de las capas por su rigidez y módulo de elasticidad, sub estructura el concreto distribuye uniforme las cargas (Montejo, 2002).

Concreto.

Está conformado por una mezcla cuya composición y estructura son uniformes; agregados finos, gruesos, cemento portland, aditivos, y acero tipo varilla de transferencia de cargas y fibras acero elásticas (Montejo, 2002).

✓ **Tipos de pavimento rígido.**

Según Montejo (2002), menciona los tipos de pavimento rígido son:

○ **Pavimento rígido de concreto simples.**

Está compuesta sin aceros, entrega las cargas en juntas se obtiene de trabazón entre las caras de juntas, son menores a (4.5 m). Entre juntas y los espesores varían de acuerdo a la clasificación de calles urbanas. Algunos pavimentos simples con varillas de transmisión de cargas son pequeñas barras (Mora, Junio 2013).

○ **Los pavimentos rígidos reforzados.**

Tiene acero de refuerzo en las juntas de construcción para su transmisión con mayores espaciamientos, entre las juntas puede desarrollar unas o más grietas transversales, que son unidas por malla de varilla de acero, con una buena transferencia de carga, su objetivo es mantener las grietas unidas para que se comporte todo el periodo de diseño, las juntas pueden ser de concreto simple 4.5 m. máximo 9.00 m.

- **El pavimento rígido con refuerzo continuo.**

Construyen sin juntas de contracción en la losa de concreto, las juntas de construcción se colocan en obras de arte, por el peso de acero se pone en direcciones longitudinales, presenta un alto grado de transferencia en las grietas debido que están unidas firmemente el acero a la vez el esfuerzo de fomentar la transmisión de cargas en las caras de las fisuras.

✓ **Tipos - fallas**

a) Fisura transversal o diagonal

En losa, la fisura aparece en vertical al eje del pavimento que lo divide en 2 planos en forma oblicua.

b) Fisura Longitudinal

Este fracturamiento ocurre en paralelo al eje de la carretera que divide en 2 planos.

c) Fisura de Esquina

Fisuras en esquinas se extienden verticalmente en todo espesor de losa, la fisura intersecta a la junta en cada lado de esquina no menor a 1.30 metros.

d) Losas subdivididas.

Se presenta en combinado subdividiendo el pavimento en 4 o más planos que son fisuras transversales, longitudinales y diagonales.

e) Bloque.

Generalmente el fracturamiento de losa se subdivide en bloque o planos reducidos de área interior al 1 m².

f) Levantamiento de losas

Generalmente es localizada en zonas muy cercanas a fisuras transversales o juntas en la superficie de pavimento.

g) Dislocamiento.

Es ocasionada por el tránsito la falla en la losa que se presencia en un lado desnivel comparando con la otra losa de costado.

h) Hundimiento.

Hundimientos en áreas o superficies del pavimento puede ser acompañada con asentamiento de pavimento que es fisuramiento.

i) Descascaramiento y fisuras capilares

Presencia de fisuras capilares a una malla que son muy finas, sucede en la parte de la losa en orden de 5 a 15 mm de profundidad, tienden a intersectarse en ángulo de 120°

j) Pulimiento de la superficie

Muy Lisa en la superficie de rodamiento a causa del esmerilado de agregados que la componen.

k) Bache

Formado de una cavidad de bordes irregulares, separaciones de la losa de concreto y su remoción en un área.

2.2.5 Pavimentos Semi-rígidos.

Básicamente es propio de la estructura de un pavimento flexible, sus capas son rigidizada con aditivos artificialmente, puede ser con asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos, que modifican las propiedades mecánicas de los materiales locales, a su vez el costo es incrementado en la construcción (Montejo, 2002).

2.2.6 Pavimentos flexibles

El pavimento está apoyado en dos capas la base y sub base que no son rígidas, están formadas por una carpeta bituminosa se puede ver en la figura 5., para cada obra hay necesidad particular puede prescindir cualquiera de estas capas (Montejo, 2002).

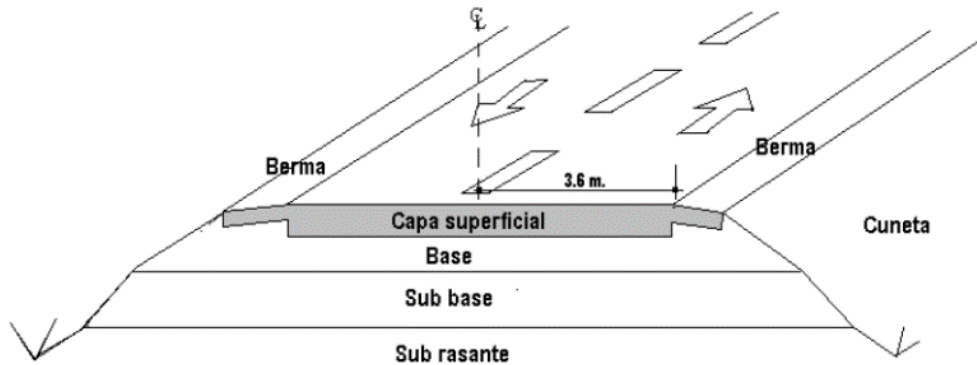


Figura 5: Estructura típica de un pavimento asfáltico
Fuente: (Monsalve, Giraldo, & Maya, 2012)

2.2.7 Pavimentos articulados

Según Montejo (2002) menciona que está compuesto solo por una capa de rodadura que son bloques de concretos prefabricados son llamados adoquines, los espesores son iguales entre sí, es apoyada sobre una capa de arena directamente a sub rasante o una base granular.

2.3 Diseño estructura del pavimento

Es necesario todo el conocimiento de todas las variables mencionadas anteriormente, a su vez existen muchas metodologías de diseño en el mundo se clasifican en 3 grupos (Mora, Junio 2013):

- Teóricas
- Empíricas
- Semi Empíricas

Teóricas

Modelan o asimilan aquellas metodologías del pavimento en función del estudio elástico del sistema multicapas, aplicados a cargas estáticas.

En las capas de estructura incluyen visco-elásticas y problema de carga variable, como el laboratorio central de puente y caminos de Francia, son aquellas metodologías que se modelan o asimila, la estructura del pavimento en función de estudio elástico de sistema multicapas (Mora, Junio 2013).

Empíricos

La clasificación de suelos es limitada y a los resultados de la mecánica, los pavimentos experimentales renuncia (Mora, Junio 2013).

Semi Empíricos

Son llamadas diseños mecanicistas y combinan los resultados anteriores vías de servicio y ensayos en laboratorios.

La tecnología avanzó y han desarrollado las técnicas que permitan diseñar la estructura del pavimento de forma práctica y racional, que se plantean muchas alternativas usando sistema de matemáticas (Mora, Junio 2013).

2.3.1 Diseño de pavimentos - método AASHTO-93

Según Montejo (2002), indica que el propósito de diseñar el pavimento es equivaler con una estructura muy económica, y sostenible que permita a circular de manera cómoda y segura los vehículos, durante el tiempo de servicio, los espesores de pavimento se limitaron con métodos tradicionales.

Los Métodos referidos para el diseño de losas soportadas sobre terreno, en el caso de pavimento de concreto emplearse en este tipo de losas definir de acuerdo a su resistencia a la flexión por módulo de ruptura y tensión (MR), toda la losa concreto sometida cargas dinámicas, el esfuerzo de flexión internos su resistencia final a la compresión ($f'c$) (Montejo, 2002).

Espesor del pavimento

Espesor de pavimento de concreto el método (AASHTO 93)

- Periodo de diseño
- Resistencia a la tensión por flexión del concreto
- Módulo de (k)
- Tráfico.

Variables de diseño

El método American Association Of State Highways and Transportation Officials de (AASHTO, 1993) la cual se presenta como con las condiciones del suelo y de tráfico en Ecuación N° 1:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r S_o + 7.35 \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.2Pt) \log_{10} \left[\frac{s'_{cx} C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63j \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{E_c}{K} \right)^{0.25}} \right]} \right] \dots \dots \text{Ecuación N° 1}$$

Donde:

- D : Espesor De pavimento (losa en pulg)
- W_{18} : Ejes equivalentes de 18 kips (80 KN)
- Z_r : Estándar normal
- S_o : Error Estándar combinado de la predicción del tráfico
- ΔPSI : Desemejanza de serviciabilidad (Po-Pt).
- Po : Serviciabilidad inicial.
- Pt : Serviciabilidad final.
- S'_{c} : Módulo de rotura del concreto en (PSI).
- C_d : Coeficiente de drenaje.
- J : Coeficiente de transferencia de carga.

- Ec : Módulo De elasticidad de concreto.
 K : Módulo de reacción de la subrasante en (psi)

DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO (MÉTODO AASHTO – 1993)

Periodo de análisis

Periodo que puede ser cubierto por cualquier habilidad de diseño. En la tabla N° 01 clasificación de vías.

Tabla 1. Periodo de análisis según clasificación de vías.

CLASIFICACIÓN DE VÍAS	PERÍODO DE ANÁLISIS (años)
Urbana de alto volumen de tráfico	30 - 50
Rural de alto volumen de tráfico	20 - 50
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 - 25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10 - 20

Fuente: (AASHTO, 1993)

Tráfico.

Cargas acumuladas de un eje simple equivalente (EAL) a 18 kips durante la etapa de análisis (W18) podemos obtener con la siguiente ecuación N° 01

$$W_{18} = D_D * D_L * W_{18} \text{ Ecuación N° 01}$$

$$D_D = (\text{Factor de distribución direccional generalmente es } = 1) (100\%)$$

$$D_L = (\text{Factor de distribución de carril})$$

Tabla 2. Número de carriles en cada dirección % ESAL de 18 kips en el carril de diseño

Número de carriles en cada dirección	% ESAL de 18 kips en el carril de diseño
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4	50 - 75

Fuente: (AASHTO, 1993)

W_{18} = Unidad ESAL de 18 kips acumulados, previstas para una sección específica en el periodo de análisis.

Confiabilidad.

Tabla 3. Nivel de confiabilidad recomendado para urbano y rural

Clasificación Funcional	Nivel de confiabilidad recomendado	
	Urbano	Rural
Interestatal y otras vías libres	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 90	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: (AASHTO, 1993)

Pérdida de serviciabilidad de diseño

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

Índice de serviciabilidad presente $P_o = 4.5$ (Pavimento rígido)

Tabla 4. Porcentaje de personas que lo consideran inaceptable de acuerdo al nivel de serviciabilidad final.

Nivel de serviciabilidad final	Porcentaje de personas que lo consideran inaceptable
3	12 %
2.5	55 %
2	85 %

Fuente: (AASHTO, 1993)

Módulo resiliente efectivo de la Subrasante.

Según Método AASHTO 1993 considera.

$$Mr = 1500 \times CBR \text{ (} CBR < 10\% \text{)}$$

$$Mr = 3000 \times CBR^{0.65} \text{ (} 7.2\% < CBR < 20\% \text{)}$$

$$Mr = 4326 \times \ln(CBR) + 241$$

Coefficiente de transferencia de carga:

Tabla 5. Dispositivo de transferencia de cargas

Dispositivo de transferencia de cargas	BERMA		ASFALTO		PCC unido	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Tipo de pavimento						

1. Simple con juntas y reforzado	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
2. CRCP	2.9 - 3.2	N/A	2.3 - 2.9	N/A

Fuente: (AASHTO, 1993)

Módulo elástico del concreto (Ec):

Resistencia a compresión del C (fc)

$$E_c = 57000 * \sqrt{f'_c} \text{ Lb/plg}^2 \quad \text{Ecuación N° 02}$$

Módulo de reacción efectivo de la subrasante

Tabla 6. Valores típicos de factores de pérdida de soporte para tipos de materiales

Tipo de Material	Pérdida de Soporte (LS)
Base Granular Tratada con Cemento (E=1 000 000 a 2 000 000 lb/pulg2)	0.0 a 1.0
Mezclas de Agregado y Cemento (E=500 000 a 1 000 000 lb/pulg2)	0.0 a 1.0
Base Tratada con Asfalto (E=350 000 a 1 000 000 lb/pulg2)	0.0 a 1.0
Mezclas Estabilizadas con Materiales Bituminosos (E=40 000 a 300 000 lb/pulg2)	0.0 a 1.0
Mezclas Estabilizadas con Cal (E=20000 a 70000 lb/pulg2)	1.0 a 3.0
Materiales Granulares No Aglomerados (E=15 000 a 45 000 lb/pulg2)	1.0 a 3.0
Materiales de Grano Fino o Subrasante Natural (E=3 000 a 40 000 lb/pulg2)	2.0 a 3.0

Fuente: (AASHTO, 1993)

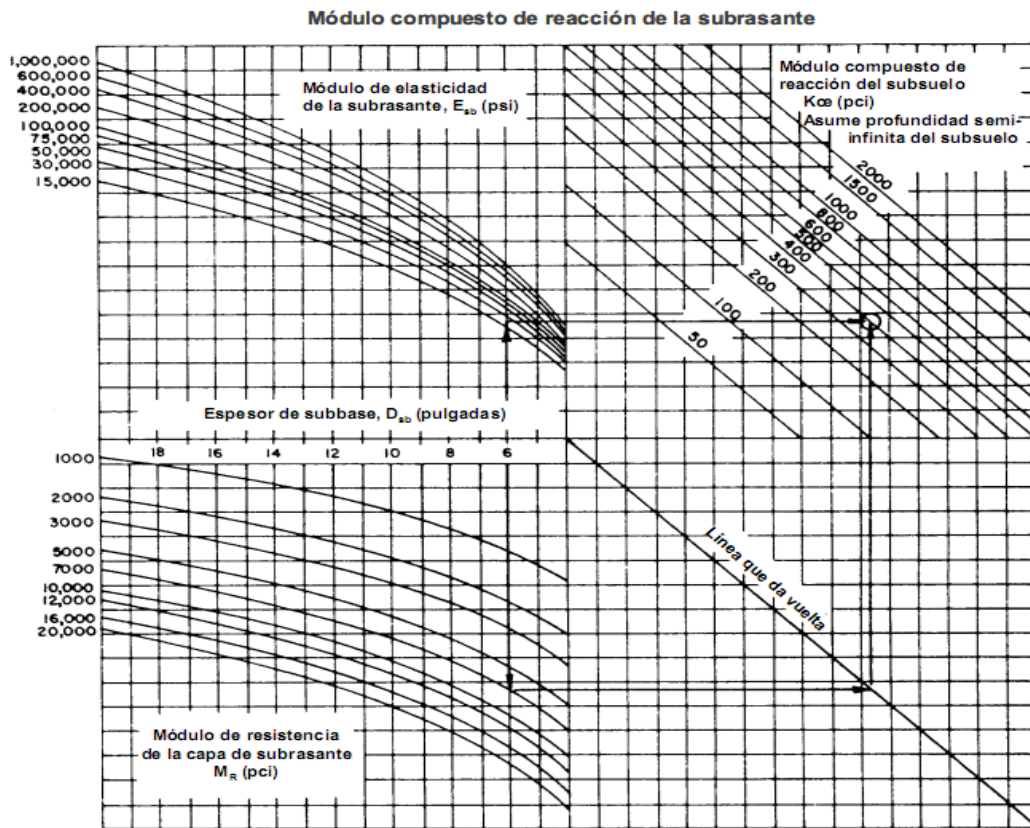


Figura 6: Módulo compuesto de reacción de la subrasante (Módulo balasto compuesto)
 Fuente: (AASHTO, 1993)

Cálculos del Módulo de reacción de la subrasante, para considerar efectos de la fundación rígida cerca de la superficie

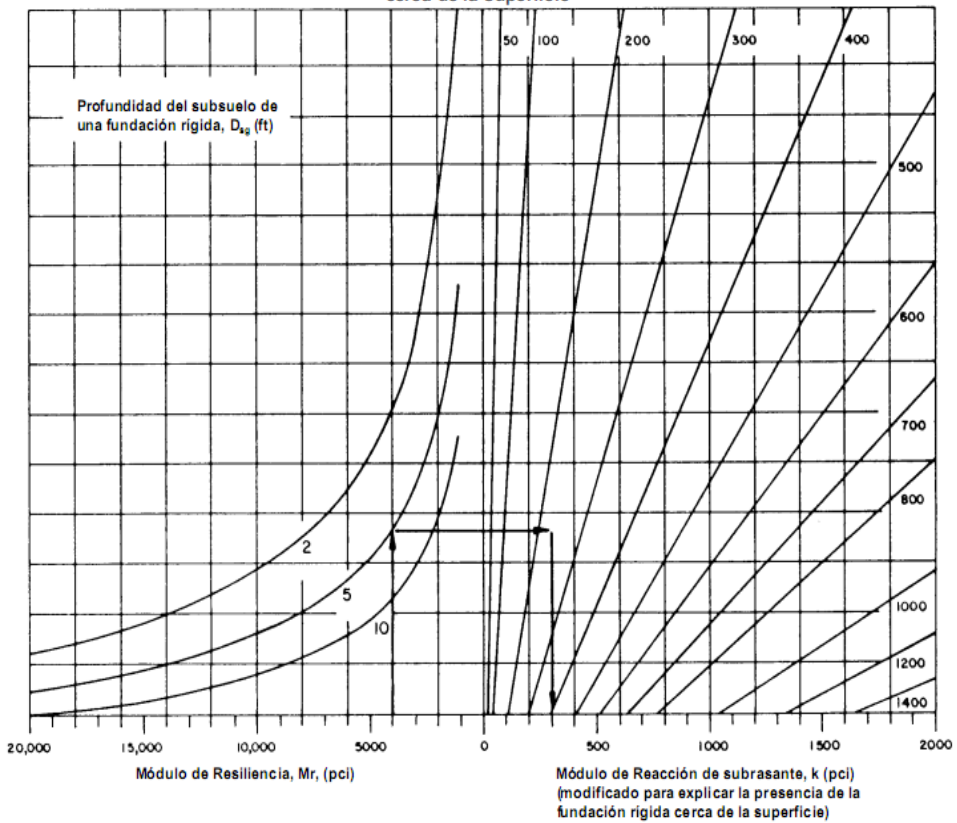


Figura 7: Considerando efectos de fundación rígida cerca de la superficie

Fuente: (AASHTO, 1993)

Corrección del Módulo efectivo de reacción de la subrasante
por la pérdida de apoyo de subbase

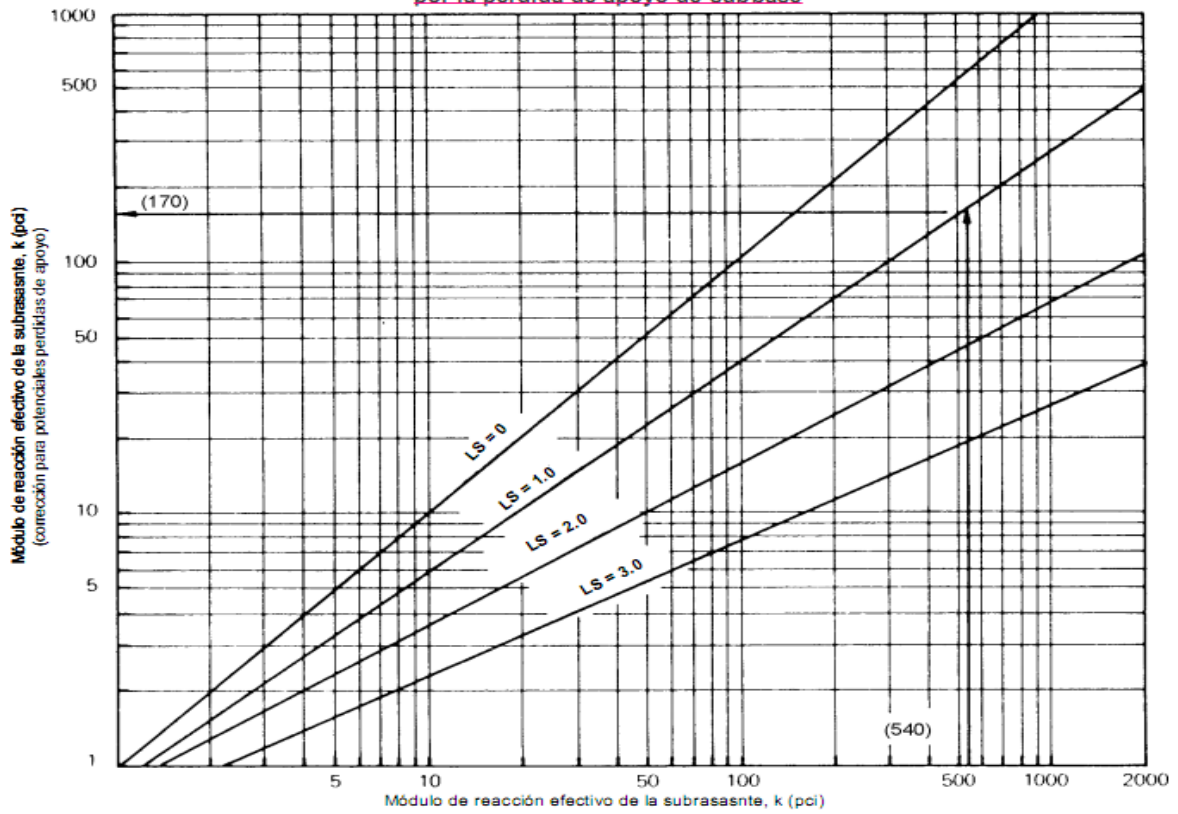


Figura 8: Corrección de módulo efectivo de reacción de subrasante

Fuente: (AASHTO, 1993)

Diseño del pavimento

Datos para el diseño:

k = PCI

E_c = PSI

S_o =

R = Z_r

W18

M_r = Psi

J = Cd

Figura 9: Ecuación AASHTO 93

2.3.2 método de diseño del instituto del asfalto

La forma nueva del Instituto Del Asfalto, editado en 1991 y publicado en 1993 en Estados Unidos de América, con cambios significativos, para pavimentos flexibles, según (Poma, noviembre 2015) se basa en la teoría elástica en varias capas, en pavimentos asfálticos se requiere más conocimientos en ello.

Muestra un mejor ejecución o procedimiento de diseño para obtener los espesores de la sección de pavimento, se utilizan emulsiones asfálticas y cemento asfáltico en toda las secciones o parte de ella, se junta varias combinaciones de superficies de rodamiento con concreto asfáltico, las bases asfálticas emulsiones asfálticas y base o subbase granulares natural (Poma, noviembre 2015).

Estimación del tránsito

El periodo de diseño y de análisis si distingue en:

El pavimento diseñado debe de soportar los efectos del tránsito para un período de tiempo; seleccionado en años, se determina como (Período de Diseño). Al final, para

recomponer su condición anterior, el período de análisis, puede ser ampliado indefinidamente, a través de carpetas u otras acciones de reconstrucción, hasta que la carretera sea reemplazada por cambios significativos en pendientes y otros factores.

Períodos de diseño de 1 - 35 años y tasas de crecimiento del tránsito del 2% al 10% anual que nos muestra la Tabla 7.

Tabla 7. Tasa de crecimiento del tránsito (Anual)

Periodo de Diseño, años (n)	Tasa Anual de Crecimiento, en porciento						
	2	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.64	18.53
12	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	18.64	21.81	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

Nota: Fuente: Instituto del Asfalto de los (EUA, 1993)

Para porcentaje de camiones del flujo vehicular el carril de diseño que se muestra la tabla:

Tabla 8. Camiones en el carril en %.

Nº DE CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES	% DE CAMIONES EN EL CARRIL DISEÑO
2	50
4	45
6 o más	40

Nota: Fuente: Instituto del Asfalto de los EUA

Para el cálculo de los ejes equivalentes es un punto importante, el método recomendado es utilizar la metodología de la AASHTO en su versión 1993, se facilita en la tabla 9. Factores de equivalencia de la carga del daño para ejes sencillos, dobles o triples, cargas sobre el eje desde 0.5 toneladas hasta 41 toneladas (1,000 lb-90,000).

Tabla 9. Factores de equivalencia de carga.

Carga Total por eje o Conjunto de Ejes.		Factores de Equivalencia de Carga		
kn	lb	Eje Sencillo	Ejes dobles	Ejes Triples
4.45	1000	0.00002		
8.90	2000	0.00018		
17.80	4000	0.00209	0.0003	
26.70	6000	0.01043	0.001	
35.60	8000	0.0343	0.003	0.0003
44.50	10000	0.0877	0.007	0.001
53.40	12000	0.189	0.014	0.002
62.30	14000	0.360	0.027	0.003
71.20	16000	0.623	0.047	0.006
80.00	18000	1.000	0.077	0.011
89.00	20000	1.51	0.121	0.017
97.90	22000	2.18	0.180	0.027
106.80	24000	3.03	0.260	0.040
115.60	26000	4.09	0.364	0.057
124.50	28000	5.39	0.495	0.080
133.40	30000	6.97	0.658	0.109
142.30	32000	8.88	0.86	0.145
151.20	34000	11.18	1.10	0.191
160.10	36000	13.93	1.38	0.246
169.00	38000	17.20	1.70	0.313
178.00	40000	21.08	2.08	0.487
187.00	42000	25.64	2.51	0.597
195.70	44000	31.00	3.00	0.723
204.50	46000	37.24	3.55	0.868
213.50	48000	44.50	4.17	1.033
222.40	50000	52.88	4.86	1.22
231.30	52000		5.63	1.43
240.20	54000		6.47	1.66
249.00	56000		7.41	1.91
258.00	58000		8.45	2.20
267.00	60000		9.59	2.51
275.80	62000		10.84	2.85
284.50	64000		12.22	3.22
293.50	66000		13.73	3.62
302.50	68000		15.38	4.05

311.50	70000	17.19	4.52
320.00	72000	19.16	5.03
329.00	74000	21.32	5.57
338.00	76000	23.66	6.15
347.00	78000	26.22	6.78
356.00	80000	29.00	7.45
364.70	82000	32.00	8.20
373.60	84000	35.30	8.90
382.50	86000	38.80	9.80
391.40	88000	42.60	10.60
400.30	90000	46.80	11.60

Nota: Fuente: Instituto del Asfalto de los EUA

Con los coeficientes en cada eje o conjunto de ejes, proporciona la suma total de equivalencia del vehículo, con tasa anual de crecimiento del tránsito señalado en la Tabla 9.

El Método inscribí factores de ajuste de los ejes equivalentes de diseño como innovación en la versión actual para presiones distintos con contado de las llantas sobre el pavimento, espesores de la carpeta asfáltica con presión de inflado, donde contempla desde cuatro diez pulgadas espesor de 10 y 25 cm respectivamente, se puede visualizar en Figura 6.

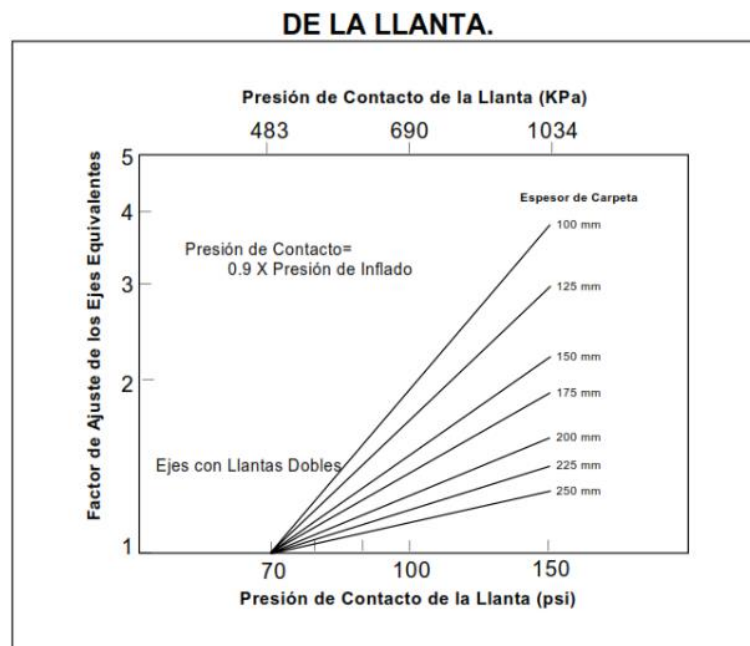


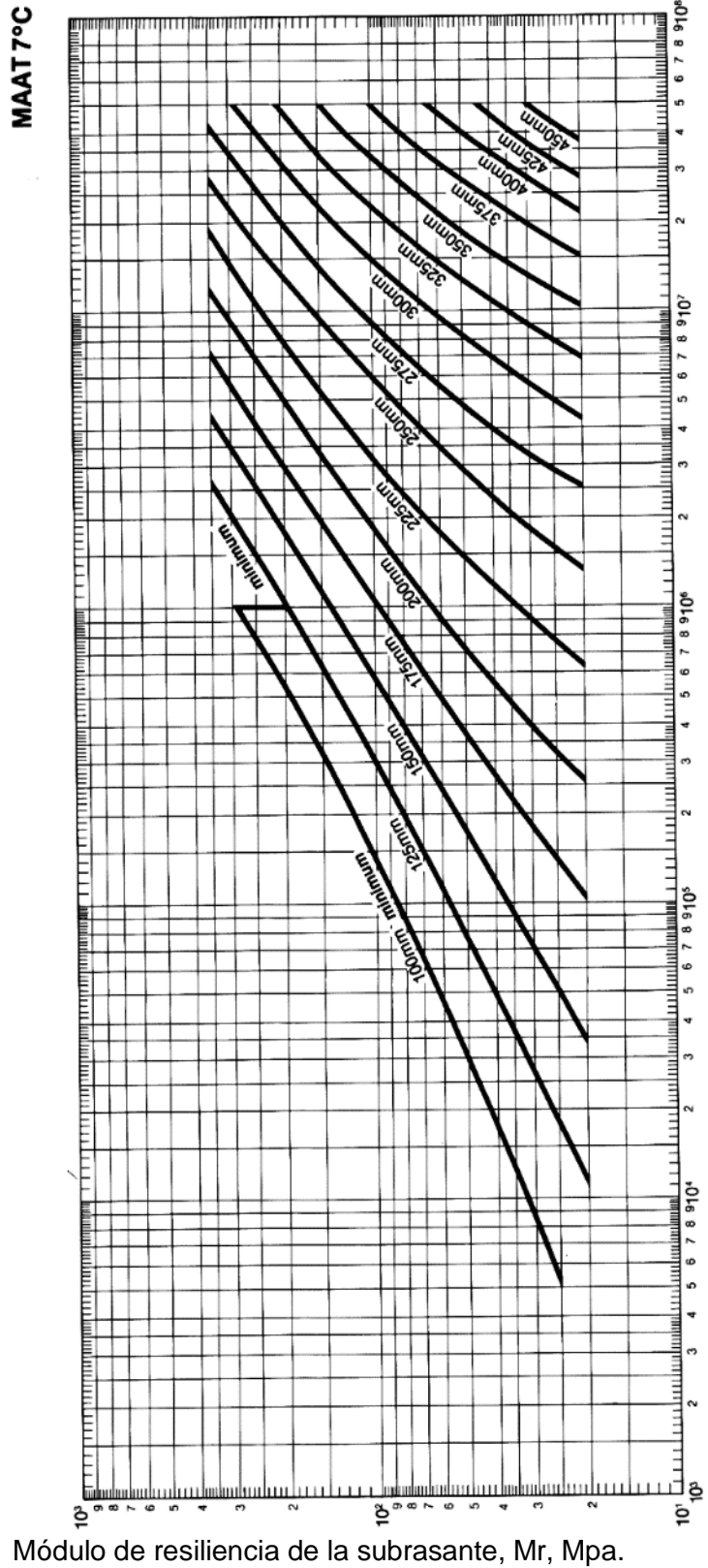
Figura 10. Factor de ajuste de los ejes equivalentes por presión de la llanta.
Fuente: Instituto del Asfalto de los EUA

Espesores de diseño cálculo.

El método más nuevo del Instituto de Asfalto de los Estado Unidos, para el diseño final de la sección estructural flexible, gráficas o cartas, las cuales cubren todas las variables involucradas.

El método más nuevo del Instituto de Asfalto de los Estado Unidos, para el diseño final de la sección estructural flexible, gráficas o cartas, las cuales cubren todas las variables involucradas (AASHTO, 1993).

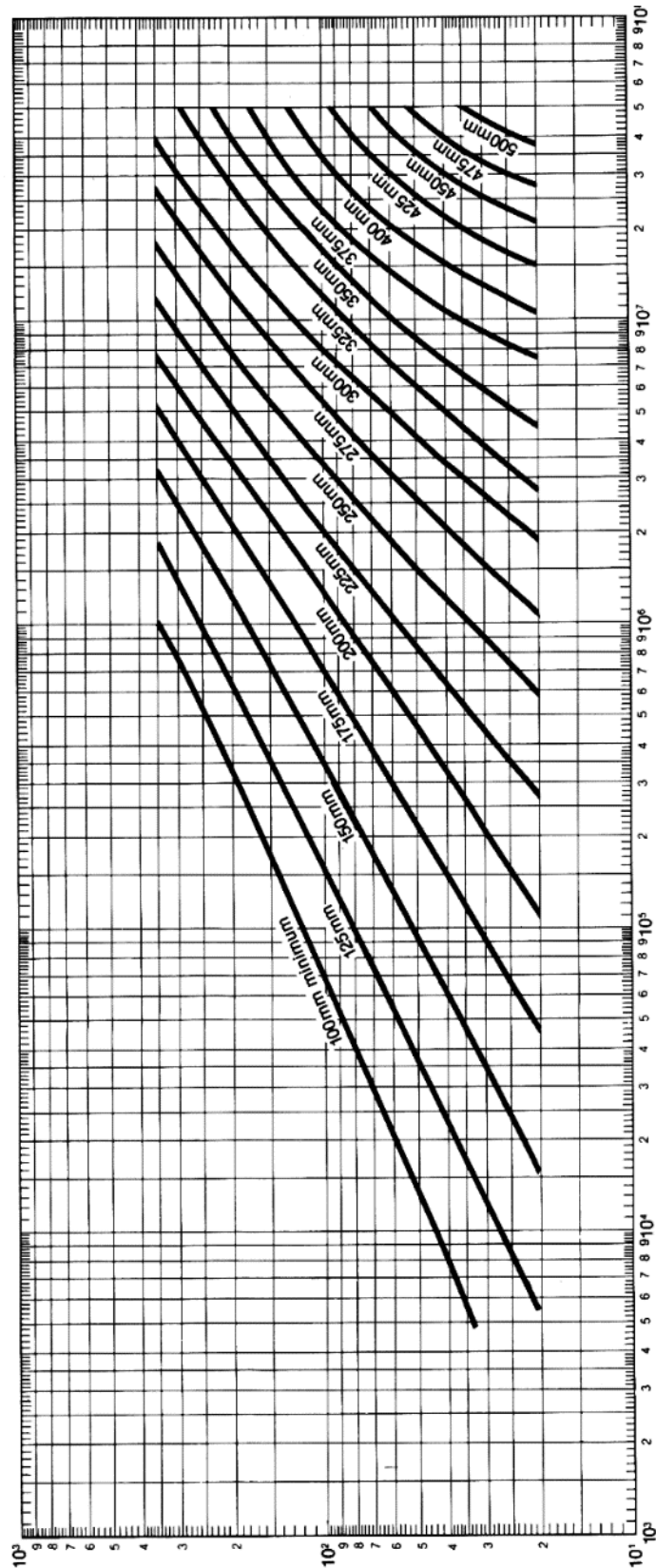
Método gráficas con escalas logarítmicas para tres condiciones climáticas consideradas, con total de ejes equivalentes sencillos juntadas en el periodo de diseño y (MR) módulo de resiliencia de capas subrasante, para hallar los espesores finales de pavimentos de una sola capa de concreto asfáltico (full-depth) tipos de pavimentos I, II, II con espesores de 15 hasta 30 cm. Las gráficas 7°C deberán usar para temperaturas menores o iguales a 7°C. Las gráficas 24°C para temperaturas de 24°C o mayores y las gráficas 15.5°C se puede ver en las figuras 7 y 8 (AASHTO, 1993).



Ejes Equivalentes de 80 kn (18,000 lb).

Figura 11. Gráfica para el diseño de pavimento de concreto asfáltico de una sola capa (7°C)
Fuente: (AASHTO, 1993).

MAAT 15.5°C



Ejes Equivalentes de 80 kn (18,000 lb).

Módulo de resiliencia de la subrasante, M_r , Mpa.

Figura 12. Gráfica para el diseño de pavimento concreto asfáltico de una sola capa (15.5°C)

Fuente: (AASHTO, 1993)

2.4 Bases normativas

El siguiente proyecto de tesis se realizó, base a las normativas indicadas:

2.4.1 Diseño geométrico DG-2013

El Manual de carreteras diseño geométrico determinado gestión de infraestructura vial aprobado por DS N° 034-2008-MTC es uno de los documento técnicos de carácter normativo que es obligatorio a nivel nacional encargado por los responsables de gestión de la infraestructura vial en los tres gobiernos (Nacional, regional y local), el manual de carreteras documento normativo que recopila y organiza las técnicas y el procedimientos para el diseño vial, abarca elaboración de diseño geométrico de los proyectos (EG-2013).

2.4.2 EG-2013

El manual de carreteras establecidas por el “Reglamento nacional de gestión de infraestructura vial” aprobada por DS N° 034-2008-MTC, que constituye documento de carácter normativo es para nivel nacional (EG-2013).

Tiene por objetivo con la finalidad de uniformizar los, requisitos, parámetros, procedimiento y condiciones de las actividades relativas en infraestructura vial, para prevenir o evitar las probables controversias que menciona el manual de “especificaciones técnicas generales para construcción” (EG-2013).

2.4.3 RNE-norma técnica CE. 010 – pavimentos urbanos

Norma CE.010 fue aprobada por D.S. N° 001-2010-VIVIENDA con la finalidad de establecer los requerimientos mínimos para el diseño, construcción, mantenimiento, reposición, la rotura de pavimentos urbanos, interviene la ingeniería de pavimentos y mecánica de suelos, para asegurar el periodo de diseño como son aceras, pistas y estacionamiento de pavimento urbano (CE-010, 2010).

2.5 Estudio de tráfico

Según Montejo (2002), indica que por “objeto es determinar las estadísticas del volumen y cargas vehiculares con el objetivo de obtener el parámetro de tráfico mediante la elaboración de un censo vehicular.

Referencias al tráfico:

- Carga bruta (presión).
- Propiedades del terreno de fundación.
- Repetición (Carga).
- Velocidad
- Eje y configuración de rueda.

Aforo o Conteo Volumétrico de Tráfico

El objetivo principal es determinar la demanda vehicular para la nueva vía que se construirá, de acuerdo a la solicitud del estudio, como los conteos volumétricos de tráfico que corresponda a la información que permita establecer el TPDA (Montejo, 2002).

Tránsito Promedio Diario Anual

IMD (índice medio diario anual), se conoce como también TPDA (tránsito promedio diario anual), se adquiere a partir del promedio aritmético de volúmenes para todos los días del año (Montejo, 2002).

Tasa Anual del Crecimiento de Tránsito

Se aplica al aumento de tránsito vehicular que va intensificarse con el tiempo que va pasando, que llega al punto de congestión en el que se da un incremento mínimo, se expresa de manera porcentual el cual sirve para calcular el factor de crecimiento (Montejo, 2002).

2.6 Estudio de geología y geotecnia

2.6.1 Estudios geológicos

Según Rojas & Paredes (2019) menciona que “constantemente evoluciona la geología se replantea conceptos y adopta nuevos paradigmas, ejemplo consolidación de la teoría de geología de las placas significan un avance en la tierra en ciencias, ha permitido responder algunas interrogantes planteadas por los investigadores”.

Estudia su origen de la tierra la geología, su concepción estructura y la apariencia que se produjeron en ella desde el inicio hasta el presente, es una combinación matemática, física, química y biológica de la tierra tal como hoy existe.

2.6.2 Estudios geotécnicos

Con el estudio se determinarán características geotécnicas del terreno del trazo definitivo, contemplando las características geológicas del grado de sensibilidad o la pérdida de estabilidad para construir obra (Rojas & Paredes , 2019).

Las normas o métodos peruanas:

- ✓ En la zona de construcción se identifica y reconoce los materiales superficiales y de subsuelo.
- ✓ Evaluación y determinación del suelo, sus características físicas.

Se realiza en orden siguiente:

- a. Clasificación:
 - Contenido de humedad
 - Granulométrico
 - límite líquido
 - límite plástico
 - Índice de Plasticidad
 - Peso Específico
- b. Estructura del pavimento
 - Proctor Modificado.
 - Peso unitario o máxima densidad

- Optimo contenido de humedad
 - Densidad en el terreno compactado
- c. Capacidad de carga:
- Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)
 - Ensayo de compresión con muestra no confinada. (Estudio Geotécnico, en <http://www.protransporte.gob.pe>).

❖ **El sistema de clasificación de suelos de la AASHTO**

Según AASHTO, (1993) la “clasificación de suelos de American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) actualmente, es más utilizado y se basa en presentación de suelos utilizados para construir carreteras, de acuerdo con base en su comportamiento, los suelos están clasificados en grupos de 8 con símbolos A-1 al A-8, los suelos inorgánicos se clasifican en 7 grupos que son de A-1 al A-7, a su vez dividen en un total de 12 subgrupos, los suelos con porción elevada de material orgánico se clasifican como A-8”

Tabla 10. Método de clasificación de Suelos AASHTO

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES (Menos del 35% pasa por el tamiz n° 200)							MATERIALES LIMO - ARCILLOSOS (Más del 35% pasa por el tamiz n° 200)			
	A-1		A-2					A-4	A-5	A-6	A-7
Grupo	A-1-a	A-1-B	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Subgrupo											
Análisis granulométrico:											
% que pasa por el tamiz n											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 min	36 min	36 min	36 min
Características de la fracción que pasa por el tamiz n°40											

Límite líquido				40 máx.	41 máx.	40 máx.	41 máx.	40 máx.	41 máx.	40 máx.	41 máx.
Índice de plasticidad (1)	6 máx.	6 máx.	No plástic o	10 máx.	10 máx.	11 máx.	11 máx.	10 máx.	10 máx.	10 máx.	11 máx.
Índice del grupo (2)		0	0		0		4 máx.		8 máx.		
Tipos de materiales preponderantes	Fragmento de piedra, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa			Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Valores generales como cimiento	Excelente a bueno						Regular a malo				

Fuente: Bowles, Joseph - 1980 – Pág. 70

❖ Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

Si identifica suelo de acuerdo a sus cualidades estructurales, plasticidad y su unión con relación a su representación de materiales.

Suelos Gruesos se encuentran retenido en dicho tamiz y los finos lo que pasan, de esta manera se considera suelos gruesos si más de 50% son retenidas en el tamiz N°. 200 el fin es más del 50% de sus particulares (Lupaca, 2017).

Respectivos prefijos son los siguientes:

G: Grava S: Arena

M: Limo C: Arcilla

O: Limos o arcillas orgánicas

Pt: Turba y suelos altamente orgánicos

Subdivisiones:

- H: Alta plasticidad
- L: Baja plasticidad
- W: Bien graduado
- P: Mal graduado

Suelos Granulares

Se reúnen las gravas, arenas y suelos gravosos arenosos en este grupo, con pequeñas cantidades de material fino, limo-arcilla, corresponden a las líneas se clasifican como: A-1, A-2 y A-3, por la AASHTO y son designados en la siguiente forma:

- GW, GC, GP y GM. (Gravas o suelos gravosos)
- SW, SC, SP y SM. (Arenas o suelos arenosos)

Suelos Finos

Finos, limosos o arcillosos de baja o alta compresibilidad designadas de la siguiente forma:

- ML, CL, y OL. (Suelos de baja o mediana compresibilidad)
- MH, CH y OH. (Suelos de alta compresibilidad)

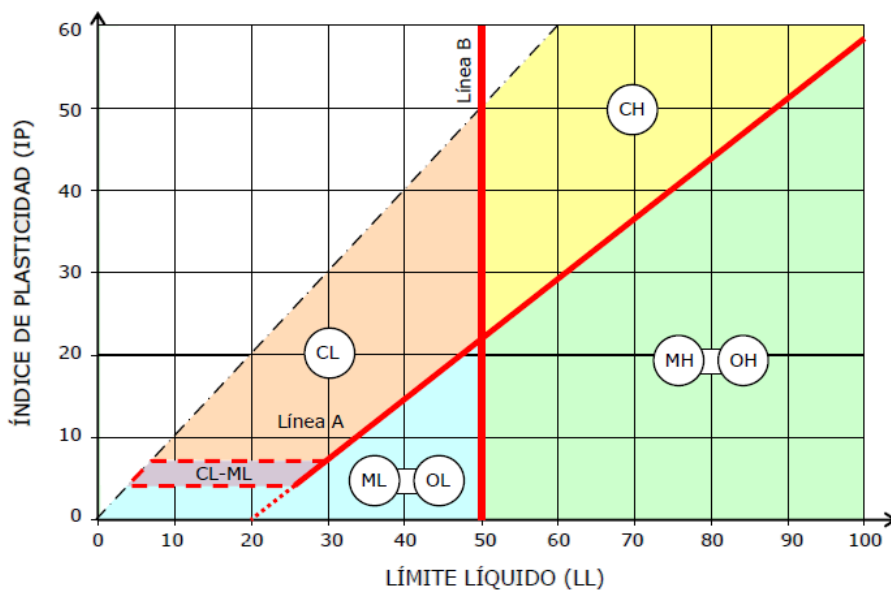


Figura 13: Carta de Plasticidad
Fuente: (Rodríguez & Lazo)

2.7 Estudio de topografía

Según Lupaca (2017), "Menciona que la topografía tiene que presentar el terreno de manera exacta sobre un papel, permitiéndose determinar todo el conjunto de la configuración de un terreno" todo lo que se debe de realizar en lo siguiente:

- En la zona hacer una representación gráfica
- geometría.

- altimetría.
- Desnivel, una longitud para calcular superficie.

El levantamiento plan métrico es únicamente conocer la planimetría, cuando toman datos de la geometría y altitud se llama topografía, taquimétrico (Lupaca, 2017).

La precisión es la clave en la elaboración de un plano en la planimetría y la elección de los elementos del terreno presentado a escala, para altimetría el límite de percepción visual de 2 mm, las curvas de nivel con los puntos están condicionados por la equidistancia.

El trabajo se realiza de un equipo topográfico en la siguiente detallamos:

- Basados en metodología angular, (triangulación e intersecciones directa – inversa).
- Métodos basados en la media de distancia y ángulos, (poligonal, radiación).
- Métodos de nivelación trigonométrica, nivelación geométrica.

2.7.1 Métodos basados en medidas angulares

❖ TRIANGULACIÓN

Se determina a partir de dos puntos conocidos en el triángulo las coordenadas, que definen la base, midiendo todos los ángulos de los triángulos.

❖ INTERSECCIONES

Para poder determinar la posición de un punto se requiere la medida de ángulos, las intersecciones directas se observan desde puntos conocidos, que se llaman inversas, se puede calcular las coordenadas Z con ángulos horizontales midiendo los verticales (Lupaca, 2017).

2.7.2 Métodos basados en la medida de distancias y ángulos

❖ POLIGONAL

Son tramos rectos la poligonal, que enlazan los puntos a levantar a su vez son las bases o estaciones, el lado poligonal son ejes o tramos, la unión de bases

consecutivas, con la finalidad de determinar las coordenadas de una serie de puntos la poligonal (Lupaca, 2017).

❖ RADIACIÓN

Recolectar las coordenadas polares (ángulo y distancia reducida) de un punto conocido, que se requieren determinar la radiación, en la mayoría estación de la poligonal es conocido.

Medir las coordenadas es adecuado desde un punto con más visibilidad, para no tener coordenadas negativas de los puntos levantados, también se puede ayudar con brújula para dirección del Norte (Lupaca, 2017).

2.7.3 Métodos de medida de desniveles

Estabilidad su objetivo se denomina cota a una distancia entre las superficies en referencia del nivel que contienen al punto de nivel del mar que se refiere a altitud que hay un desnivel entre dos cotas.

El punto o como se determina juntando el desnivel medido desde un punto a la cota de este.

❖ NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA

Se determinan por procedimientos trigonométricos, mediante el ángulo vertical y distancia.

❖ NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

Se determina desnivel entre puntos mediante visuales horizontales.

2.8 Análisis comparativo técnico – económico

2.8.1 Análisis comparativo técnico

Los pavimentos como rígido y flexible han experimentado una gran evolución en tecnología, que es impulsada por la demanda de las vías de transporte eficiente, a su vez en el desarrollo de ello hay dilema de elegir la mejor opción entre pavimento rígido o

flexible, con el tiempo apareció nuevos materiales por ello hay discusiones técnicas en construcción de pavimentos, enfoques distintos (AASHTO, 1993).

Resaltar que la estructura es sometida a cargas extremas de tráfico y clima que genera deformaciones esfuerzos que componen en internas la estructura de pavimento, los factores en función a desempeñar que afectan durante el periodo de servicio para el diseño, con las propiedades de los materiales que conforman las capas del pavimento (AASHTO, 1993).

Independientemente del tipo de pavimento, una adecuada funcional del pavimento y respuesta estructural depende de la calidad de los materiales en un proceso constructivo responsable y un cronograma o programa de mantenimiento oportuno, la dedicación del pavimento está íntimamente ligado al funcionamiento de los materiales que lo componen ante la acción de las cargas extremas, es fundamental intervenir el análisis de estructural y funcional con relación al diseño de pavimento ((AASHTO, 1993).

Es así que en el diseño de pavimentos se plantean métodos mecanísticos debidamente calibrados a las condiciones locales.

El método AASHTO, (1993), al medio ambiente en la estructura del pavimento simula el efecto como son los cambios de humedad, temperatura y las cargas de tráfico actuantes, tomando en cuenta la probabilidad aparición de las fallas en el pavimento y niveles de serviciabilidad.

A continuación, se muestra las diferencias generales entre el pavimento flexible y rígido:

Período de Diseño - Durabilidad.

Los manuales de diseño indican los periodos de diseño de 10 años a 20 años para pavimentos flexibles y mínimo 20 años para pavimentos de concreto hidráulico conocido como pavimento rígido a su vez los periodos de diseño en pavimento flexibles son mucho menores que el pavimento rígido y tiene una vida más larga que los flexibles con la

recomendación que refleja la percepción, también se puede diseñar pavimentos rígidos para 10 años (AASHTO, 1993).

Desempeño Estructural y Transmisión de Esfuerzos.

Constituido por estratos los esfuerzos son emitidos por las cargas actuantes son parcialmente distribuidos de forma progresivo a través de la estructura del pavimento, con todas las cargas de la estructura del pavimento flexible cumplen una función estructural.

Pavimento rígido en este caso la que trabaja es la losa de concreto y absorbe los esfuerzos que producen las cargas actuantes en la losa se puede colocar directamente sobre la subrasante si está compuesta por un suelo de fundación de buena calidad, de lo contrario en base granular brinda una superficie uniforme sobre la cual se apoya la losa (AASHTO, 1993).

Tipos de Fallas.

En sub rasante y en otras capas hay fallas por fatiga, en los pavimentos flexibles, las fisuras longitudinales en la huella del neumático son las fallas por fatiga de ser debidamente tratadas se convierte en las fallas tipo piel de cocodrilo, las fallas por la deformación plástica acumulada no recuperable causada por ello se manifiestan tipo ahuellamiento (AASHTO, 1993).

Serviciabilidad

En el manual diseño AASHTO, (1993) hay parámetro que fue usada, es el índice de servicio (Present Serviceability Index – PSI) el pavimento brindan al usuario en un gran aspecto de gran importancia de grado de comodidad que establece una escala subjetiva de clasificación de 0 a 5 el 5 es la condición calificada como excelente, otro indicador más objetivo es el índice de rugosidad internacional que denomina IRI (International rough Ness index) que es adoptado por el método AASHTO, (1993), como referencia los pavimentos

nuevos tienen valores de IRI de 2.0m/km, mientras que el período de vida útil de servicio puede incrementarse hasta IRI de 3.5 m/km.

Por falta de mantenimiento o al tipo de acabado hay la percepción en los pavimentos flexibles sirven o brindan con mayor comodidad a los beneficiarios que los pavimentos rígidos, cuando comparas con pavimento rígido y con las juntas donde desniveles mínimos entre sí los pavimentos losas con mayor incremento en el valor de IRI.

En el pavimento con un mantenimiento adecuado en el servicio de vida útil y un mejor proceso constructivo que permite que ambos pavimentos puedan brindar un mismo nivel de serviciabilidad (AASHTO, 1993).

Efectos del Medio Ambiente sobre los pavimentos:

Entre pavimentos rígidos y flexibles son afectados, están sometidos por el medio ambiente, el asfalto es un material termoplástico en caso de los pavimentos flexibles, que cambia sus propiedades de resistencia y viscosidad con la temperatura es sujeto a fenómeno de oxidación en su vida útil.

Medio ambiente y cambio de temperatura también afecta al pavimento rígido generando problemas de esfuerzos de contracción y alabeo, si manifiestan en fisuras y el problema de transferencia de carga entre losas supera la resistencia del concreto, el pavimento rígido es menos sensible a los cambios medioambientales

El pavimento rígido es menos sensible a los efectos del medio ambiente, en términos generales un pavimento se considera más ecológico, a su vez es un mito o decir lo materiales bituminosos actualmente disponibles, las nuevas técnicas de construcción de flexibles no pueden diseñarse considerando los efectos de medio ambientales, para optimizar los recursos de dos tipos principales de pavimento han forjado una necesidad de comparar estas a fin de establecer.

Seguridad.

La superficie de rodadura de suministrar con suficiente fricción al contacto con las gomas que evite los accidentes o pérdida del control del carro por resbalamiento, cuando la superficie está húmeda (DG, 2014).

El indicador para medir el factor del índice de deslizamiento se obtiene multiplicando con el coeficiente de fricción por 100, el procedimiento se encuentra en la norma ASTM E 247 en el manual peruano (DG, 2014), carreteras, suelos, geotecnia y pavimento, que se puede ver en la tabla 11.

Tabla 11. Cuadro de Textura superficial de pavimento asfáltico

Textura superficial de pavimentos asfálticos					
		Superficie de rodadura (Tratamiento superficial)		Superficie de rodadura de mezclas asfáltica	
Textura Superficial	Textura (mm)	Coeficiente de fricción (SCRIM a 50 km/hora)	Textura (mm)	Coeficiente de fricción (SCRIM a 50 km/ hora)	
Buena	1.5	0.6	0.7	0.5	
Regular	0.7	0.45	0.5	0.4	
Mala (superficie resbaladiza)	0.3	0.3	0.3	0.3	

Fuente: (Conroy, 2014)

La serviciabilidad en situaciones similares, que un pavimento brinda mayor seguridad que otro, técnicamente la seguridad depende de la variedad de superficie de rodadura del pavimento, con control de calidad técnica y de material pueden satisfacer buena seguridad.

Presentamos cuadros comparativos en aspecto general.

Tabla 12. Cuadro comparativo de las diferencias técnicas del pavimento flexible y rígido

DIFERENCIAS	
PAVIMENTO FLEXIBLE	PAVIMENTO RIGIDO
Es de asfalto cada de rodadura	Su capa de rodadura es de concreto
Flexionar	No puede flexionar; de hacerlo se rompe
Colocado con temperaturas altas	Se coloca a temperatura normal
Cortes transversales y longitudinales no es necesario	Necesita ser cortado longitudinal y transversalmente; esto para evitar que se dañe por completo controlando cualquier daño en una sola parte
Es de hormigón asfáltico	Es de hormigón hidráulico
Alto costo anual	Bajo costo anual
Compactado por dos tipos de rodillos (neumático - doble tambor liso)	Después de ser colocado necesita fraguar naturalmente o mediante aditivos que aceleran el proceso
Por tener un color negro transfieren a las luces opacidad al momento de dar luminosidad cuando están encendidas	Tienen un color claro normalmente, lo que contribuye a que la luminosidad de las luces sea más potente
Tiene una vida útil de 10-20 años colocado por una máquina pavimentadora de asfalto	Su vida útil va de 30 a 50 años
Mantenimiento considerable	Es colocado por mezcladora y otros
Generan muy poco ruido	No necesita mucho mantenimiento
Cómo flexiona, puede transmitir las cargas a su base	Produce ruidos más considerables al pasar los vehículos
Costos iniciales bajos	Al ser rígido no transmite gran parte de las cargas a su base
Reparación fácil pero continua si no se hace mantenimiento	Costos iniciales altos
Se puede añadir capas en cualquier momento	Reparación difícil pero esporádica
No pierde propiedades antideslizantes	Poner Capas encima produce grietas de reflejo
	Soporta inundaciones y contaminación de la napa freática (JUL vs PEM)

Fuente: (Chavez, 2015)

Tabla 13. Cuadro de transferencias de cargas entre pavimento flexible y rígido

TRANSFERENCIA DE CARGA	
Las cargas son transmitidas a través de la estructura granular del pavimento	Las Cargas de la llanta son transmitidas a la subrasante
Ya Que es flexible tiene menor capacidad portante	
La carga de la llanta se distribuye de la zona de contacto un área mucho más amplia a través de las capas	Tienen suficiente fuerza de flexión para transmitir la carga de la llanta a un área más amplia en la capa inferior.
Las deformaciones ocurridas en las capas bajas se reflejan en la superficie (ondulaciones, huecos, etc.)	El análisis se hace usando la teoría de placas en vez de la teoría de capas usadas en los pavimentos flexibles
	la carga de la llanta se transmite por la capacidad de doblarse de la losa

Fuente: (Chavez, 2015)

Tabla 14. Aplicaciones típicas de pavimentos flexibles y rígidos

APLICACIONES TÍPICAS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS	
Carreteras y avenidas en ciudad en general	Líneas de tráfico con volumen alto
Líneas auxiliares	Conexiones entre carreteras
Bermas	Puentes
Rampas	Rampas de carreteras y/o autopistas
Estacionamientos	
Caminos paralelos a autopistas	

Fuente: (Chavez, 2015)

Tabla 15. Funciones de base y Subbase

FUNCIONES DE BASE Y SUBBASE	
Soporte estructural	Drenaje
Drenaje	Prevención del BOMBEO
Prevención/control CONGELAMIENTO	Prevención/Control del congelamiento
Reducir El efecto del volumen de la subrasante	Reducir el cambio del volumen de la subrasante
	Plataforma de construcción

Fuente: (Chavez, 2015)

Tabla 16. Daños típicos en los pavimentos flexibles y rígidos

DAÑOS TÍPICOS EN LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS	
La Nueva guía de diseño de pavimento de (MEPDG - Mechanistic Empiric Pavement Design Guide) ha sido elaborado teniendo en cuenta los 4 grandes daños de un pavimento flexible:	
agrietamiento por fatiga (PIEL DE COCODRILO)	Daños en pavimentos:
Ahuellamiento	Agrietamiento
Agrietamiento térmico	Longitudinal
Rugosidad (IRI - International Roughness Index)	Transversal
Otros daños	Bombeo
Sangrado	Desnivel entre losas (faulting)
Ondulamiento	Deterioro de losas
Otros agrietamientos	Rotura /quiebre de losa
	Sulfatados
	Fallas de juntas

Fuente: (Chavez, 2015)

Tabla 17. Tabla de comparación pavimento flexible – rígido en mejoramiento

FLEXIBLE VS. RÍGIDO	
FLEXIBLE	RÍGIDO
Se puede añadir capas en cualquier momento	Poner capas encima produce grietas del reflejo
No Pierde propiedades antideslizantes	Soporta inundaciones y contaminación de la capa freática (JUL vs PEM)
Es más suave y menos ruidosa	Requieren capas inferiores y bien niveladas
Soporta un mayor rango de temperaturas	

Fuente: (Chavez, 2015)

2.8.2 Análisis comparativo económico

Se utilizará el procedimiento de Costo/Efectividad para el proyecto.

Metodología de costo – efectividad

Según Nassir (2011), el costo – efectividad es cuando varios proyectos donde los beneficios son difíciles de considerar cuando no hay ganancia o no son relevantes para el análisis, es por ello es conveniente comparar los costos con la efectividad para lograr un cambio en el proyecto, para determinar la mejor opción que calcula costo-efectividad con la ecuación N° 2.

$$\frac{C}{e} = \frac{VAC}{IE} \dots \dots \text{Ecuación N}^\circ 2$$

Dónde: CE coeficiente (costo-efectividad); VAC, el valor actual de los costos del proyecto. IE el indicador de (efectividad).

Definición de horizonte de evaluación de proyecto

Son dos fases:

- Si realiza la elaboración del estudio definitivo y en la fase de inversión construcción de pavimento.
- Comprende las actividades de operación, mantenimiento y evaluación del proyecto se le denomina post-inversión, se plantea un horizonte de evaluación de 10 años que se indica en la tabla 18.

Tabla 18. Tráfico Generado por Tipo de Proyecto:

Tipo de intervención	% de tráfico Normal
Mejoramiento	10

Fuente: (MTC, 2013)

Costos de operación y mantenimiento

- **Mantenimiento Anual o Rutinario.** Las funciones rutinarias sobre los servicios y bienes para urbano se encuentran en buenas condiciones de uso.
- **Mantenimiento Periódico.** Cada 3 años se realiza el mantenimiento periódicas sobre la infraestructura urbana, que comprende las obras de reposición para un buen servicio de infraestructura vial, según él (MTC, 2013), considera:

Tabla 19. Con proyecto y sin proyecto el costo de mantenimiento

Descripción	Precios de Mercado	
	Sin proyecto	Con Proyecto
Mant. Rutinario	1,144.060	2,288.120
Mant. Periódico	1,724.980	3,449.960

Nota: Fuente: (MTC, 2013)

Flujo de costos incrementales

Es la diferencia entre costos, en la situación con proyecto y sin proyecto que se denomina costos incrementales, se considera horizonte de evaluación del proyecto (10 años) para todos (MTC, 2013).

Identificación de beneficios

Se obtendrán beneficios cualitativos que son la rapidez del servicio de tránsito vehicular.

Beneficios Sin Proyecto.

Es cuando no se llega a ejecutarse el proyecto, no cuenta con servicios de transitabilidad peatonal y vehicular.

Beneficios con el Proyecto.

Los beneficios serán la rapidez del servicio de tránsito vehicular, y la comodidad de los beneficiarios.

Costos sociales

Los factores que se utilizarán para su corrección y obtener los costos de inversión a precios sociales que se ve en la tabla N° 20.

Tabla 20. Factores de corrección

Obras	Factor
Inversión	0.79
Mantenimiento y operación	0.75

Fuente: (MTC, 2013)

CAPITULO III.

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Metodología y tipo de investigación

3.1.1 Metodología de investigación

Es de tipo “CORRELACIONAL” la investigación tiene un propósito comparar técnica y económicamente entre el pavimento flexible y rígido, según (Hernández, 2006) “Investigación Correlacional asocia con variables mediante un patrón predecible para un grupo o población”

3.1.2 Tipo de investigación

El método de investigación según Hernández (2006), será CORRELACIONAL, el propósito es evaluar la relación que existe dos o más conceptos, categorías o variables, miden y analizan la correlación, NO EXPERIMENTAL será el diseño de investigación, se busca conseguir valores a partir de pruebas y OBSERVACIONES a realizar.

3.2 Formulación de hipótesis

Considerándose las condiciones del suelo IN SITU el pavimento rígido presenta una solución más adecuada para el Jr. Abraham Valdelomar, a través de un análisis comparativo técnico y económico.

3.3 Identificación de variables

3.3.1 Operacionalización de variables

En la presente investigación cuenta con variables independientes y dependientes y para su operacionalización el diseño que se adoptó se expresa en la siguiente ecuación:

$$y = f(x)$$

Dónde:

y = Variable Dependiente.

x = Variable Independiente.

3.3.2 Variables dependientes (y)

Análisis técnico

- Espesores
- Distribución de cargas
- Periodo de diseño
- Tiempo de construcción
- Mantenimientos
- fallas

Análisis económico

- Metrado
- Presupuesto
- Analisis costos unitarios
- Insumos
- Análisis de rentabilidad

3.3.3 Variables independientes (x)

1. Suelo "IN SITU"
2. Topografía
3. Pavimentos "rígido y flexible"

3.3.4 Indicadores

Pavimento flexible y rígido

3.4 Población y muestra

Ciudad de Juliaca

3.4.1 Población



Figura 14: Ubicación zona del proyecto

Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Muestra

Jr. Abraham Valdelomar, urbanización Tambopata con una longitud de 541.909 ml. con un ancho variable, promedio 12.00 m.

3.5 Técnicas de recolección de datos

- ✓ Datos obtenidos directamente en laboratorio (ensayos realizados) y en campo.
- ✓ Investigaciones relacionadas al tema.
- ✓ Monografías.
- ✓ Publicaciones (revistas, tesis, artículos, ponencias, etc.)
- ✓ Información de Internet.
- ✓ Planos, fotografías.

3.6 El procedimiento de elaboración del proyecto

3.6.1 Estudio de Tránsito

Durante 7 días se realizó el conteo de cantidad de vehículos que pasa por el Jr., para realizar el cálculo de ESAL de diseño.

3.6.2 Estudio de suelo y topografía

Se realizó dos calicatas en el tramo, para determinar las características del suelo con fines de pavimentación en rígido y flexible a nivel de rasante y sub rasante.

Levantamiento topográfico para medición exacta del Jr. Abraham Valdelomar el largo y ancho de la vía para el cálculo de presupuesto.

3.6.3 Diseño estructural del pavimento rígido y flexible

Con los métodos convencionales AASHTO 93 e Instituto de Asfalto se realiza el diseño de pavimento flexible y rígido.

3.6.4 Análisis económico y técnica.

Con el pavimento estructural con las dimensiones calculadas, se realiza la comparación económica y técnica mediante la metodología costo – efectividad, para ello se realiza el presupuesto para ambos pavimentos.

CAPITULO IV.

RESULTADOS

En CAPÍTULO IV, se observan los resultados del proyecto, y su interpretación.

4.1 Estudios básicos de ingeniería

Ejecutarán los estudios básicos de ingeniería:

- Topográficos.
- Geotécnicos
- Tráfico.

4.1.1 Estudios topográficos

En estudio de topografía se realiza las siguientes actividades en el lugar de investigación de tesis

4.1.1.1 Reconocimiento del terreno

Se ubican los vértices de la poligonal teniendo en cuenta la visibilidad de puntos para el cambio de estación total, para mejor levantamiento topográfico en la zona del proyecto en la que se recorrerá el área y perímetro del dicho proyecto.

4.1.1.2 Señalización y monumentación

Se procede con la ubicación de los puntos poligonales BMs. (señalización – monumentación), los puntos ubicados nos servirán para hacer el control horizontal, en el tramo a realizarse el proyecto de tesis.

Ubicación de punto de control vertical que se puede visualizar la figura 15, que se partió del punto establecido anteriormente, se ubicó anteriormente en margen izquierdo en el lugar de ejecución proyecto tesis Jr. Abraham Valdelomar de la ciudad de Juliaca, para poder proceder con el trabajo de levantamiento topográfico.



Figura 15: Punto de referencia BMs. 2
Fuente: Elaboración propia

4.1.1.3 Levantamiento topográfico

Se obtienen los puntos UTM con el levantamiento topográfico, para poder obtener un modelo digital del terreno en un programa para ello, con el objetivo de realizar los perfiles de terreno, secciones transversales y el diseño.

Punto de partida estación PE-1 (BMs), cuyos datos se aproximaron con GPS, Vista atrás o punto de referencia VA-1 (BMs) obtenido con GPS, para poder ubicar el norte en estación total TOPCON OS 105. Norte, Este, Cota.

Con estación total el levantamiento es más efectivo con una precisión de 5°, y es automática recolección de datos de puntos, con una ventaja de anotación, transcripción, cálculo, y eliminando los errores de lectura, estación total es automática con la toma de datos, que se puede descargar u obtener en forma digital en formato CSV delimitados por comas, las coordenadas se realizan por medio de programas de computación incorporados a dicha estaciones se ve en la tabla 21.

Tabla 21. Puntos topográficos, de BMs, obtenidos con GPS en el campo

PUNTO	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	OBSERVACIÓN
1	8288392.9	380349.3	3840.0	PE-1
2	8288398.5	380339.4	3840.3	VA-1
10	8288396.5	380341.8	3840.5	BM2
25	8288519.3	380224.8	3840.2	BM1
56	8288316.8	380544.6	3839.9	PE-2
57	8288302.2	380550.3	3839.9	VA-2
58	8288305.7	380543.9	3839.9	BM3
65	8288299.5	380584.7	3839.9	BM4

Fuente: elaboración propia.

PE-1 Coordenadas UTM es un punto de inicio de levantamiento topográfico.

4.1.1.4 Equipos de ingeniería

Para realización de levantamiento topográfico se usaron siguientes equipos de topografía

- 01 estación Total TOPCON OS 105 con un error de 5°
- 02 prismas reflectores y respectivos bastones.
- 01 trípode y accesorios.
- GPS. Germania, cinta métrica, libreta de topografía.

4.1.1.5 Perfil longitudinal

Realizar planos de perfil longitudinal y nivelar cada 20.00 m de acuerdo con las progresivas

El perfil longitudinal se ubica a cada 20 m, una vez determinado el eje de la vía, se recogieron las coordenadas en ese punto para conocer las ELEVACIONES de cada punto con referencia al nivel del mar, los perfiles longitudinales se representan en sistema de coordenadas. Las distancias se colocan en el eje X a una escala de 1:200 y las alturas en el eje Y a una escala de 1:2000, Los planos respectivos como perfil longitudinal y otros, de levantamiento topográfico se encuentran anexados.

4.1.1.6 Secciones transversales

En el eje de la vía perpendicular la sección transversal es la idea del terreno, se considera a cada 20.00 metros en las progresivas señaladas, las secciones transversales también presentan en los planos.

4.1.1.7 Resultados de campo y gabinete

Para levantamiento se utilizó el método de la poligonal abierta.

Tabla 22. Puntos topográficos recolectados con estación total.

P.	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN	P.	NORTE	ESTE	ELEVACIÓN
1	8288392.9	380349.39	3840.00	39	8288386.0	380361.28	3840.18
2	8288398.5	380339.46	3840.36	40	8288394.8	380370.50	3840.29
3	8288405.9	380330.03	3840.00	41	8288382.6	380368.83	3840.01
4	8288559.2	380184.86	3840.07	42	8288382.0	380399.44	3840.08
5	8288249.2	380672.25	3839.74	43	8288363.6	380414.03	3840.04
6	8288257.8	380681.71	3839.74	44	8288361.4	380417.07	3840.06
7	8288271.1	380651.75	3839.74	45	8288355.3	380430.13	3839.95
8	8288400.7	380337.37	3840.36	46	8288357.6	380454.13	3840.00
9	8288389.4	380346.47	3840.22	47	8288342.9	380459.26	3840.23
10	8288396.5	380341.89	3840.53	48	8288333.1	380482.36	3840.00
11	8288403.4	380351.52	3840.20	49	8288345.9	380480.55	3839.98
12	8288409.5	380340.99	3840.51	50	8288342.9	380487.26	3840.01
13	8288432.8	380300.41	3840.27	51	8288327.2	380495.52	3839.99
14	8288433.6	380316.22	3840.50	52	8288334.0	380507.31	3840.00
15	8288450.9	380280.04	3840.27	53	8288324.0	380500.26	3840.01
16	8288457.8	380289.99	3840.23	54	8288342.9	380503.35	3840.09
17	8288459.5	380271.57	3840.29	55	8288322.5	380533.08	3840.03
18	8288459.5	380290.36	3840.22	56	8288316.8	380544.66	3839.96
19	8288460.4	380270.12	3840.35	57	8288302.2	380550.33	3839.97
20	8288466.3	380265.28	3840.34	58	8288305.7	380543.95	3839.93
21	8288480.7	380265.21	3840.37	59	8288313.3	380553.84	3839.98
22	8288501.0	380226.34	3840.44	60	8288297.8	380558.17	3839.98
23	8288505.7	380238.77	3840.47	61	8288314.1	380559.36	3839.99
24	8288500.9	380224.41	3840.26	62	8288287.7	380579.19	3839.98
25	8288519.3	380224.85	3840.21	63	8288307.7	380581.52	3840.04
26	8288508.6	380218.56	3840.21	64	8288287.3	380582.73	3839.81
27	8288530.4	380213.69	3840.21	65	8288299.5	380584.79	3839.97
28	8288550.2	380176.87	3840.07	66	8288271.4	380618.54	3839.88
29	8288542.5	380193.08	3840.22	67	8288282.5	380622.57	3839.91
30	8288529.4	380208.55	3840.29	68	8288266.8	380628.66	3839.82
31	8288527.8	380206.89	3840.26	69	8288279.7	380629.31	3840.00

32	8288492.1	380243.76	3840.36	70	8288259.1	380645.39	3839.78
33	8288494.2	380245.78	3840.36	71	8288256.6	380650.96	3839.74
34	8288462.1	380278.18	3840.09	72	8288270.9	380637.69	3839.92
35	8288459.9	380276	3840.12	73	8288269.3	380637.10	3839.90
36	8288438.4	380298.54	3840.12	74	8288300.6	380552.77	3839.93
37	8288440.9	380301.24	3840.27	75	8288508.6	380219.99	3840.21
38	8288401.6	380366.66	3840.20	76	8288519.3	380230.28	3840.21

Nota: Levantamiento topográfico por poligonáneas

Fuente: Elaboración propia.



Figura 16: Levantamiento topográfico en Jr. Abraham Valdelomar
Fuente: Autocad civil 3D educación



Figura 17: Levantamiento topográfico en Jr. Abraham Valdelomar
Fuente: elaboración propia.

METODO EMPLEADO

El levantamiento topográfico es poligonal cerrado, para realizar el control planimétrico con apoyo de vértices, como punto de partida la estación PE-1, cuyos datos son conocidos.

4.1.2 Estudios geotécnicos

4.1.2.1 Muestreo y exploración de suelos

Comprende calicatas de exploración a cielo abierto la investigación en campo IN SITU en Jr. Abraham Valdelomar, obtención de muestra representativa para ensayos en laboratorio, y se realizaron en gabinete los cálculos, para obtener la información de forma gráfica y escrita los resultados.

Se planifica en 3 fases la programación de exploración y muestreo, con el objetivo de realizar un trabajo ordenado.

- Reconocimiento de campo

Es una etapa donde se reconoce el campo o lugar del estudio, para examinar posibles inconvenientes de diferentes naturalezas que pueda significar en la etapa de ubicación y muestreo de calicatas.

- Número de puntos de investigación

Según CE-010 (2010) indica que “para la investigación se considera las normas y criterios ya establecidas”:

- La Norma Técnica (CE-010, 2010), en el Capítulo 3, en el ítem 3.2.2, nos indica el número de puntos que debemos de realizar en la tabla 23, con un mínimo de dos (02) será para el proyecto de investigación.

Tabla 23. Número de Puntos a explorar.

TIPO DE VÍAS	NÚMERO MÍNIMO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	ÁREA (m²)
Expresas	1 cada	2000
Arteriales	1 cada	2400
Colectoras	1 cada	3000
Locales	1 cada	3600

Fuente: Tabla 2 (CE-010, 2010)

Notas:

- a) Para la habilitación urbana solo se requiere un punto por hectárea, en cuando no existan proyectos de lotización y trazado.
- b) En saco del proyecto habilitación urbana y simultánea de viviendas se necesita un punto adicional por hectárea, en cuando no existan los proyectos de lotización, trazado, indicación detallada en la tabla N°6 de la norma (E.050, 1997).
 - La profundidad mínima para investigaciones se realizó 1.20 metros con referencia de cota rasante, de acuerdo a la norma establecida (CE-010, 2010) que nos de talla en el capítulo 3, en el ítem 3.2.5.
 - Las calicatas realizadas se deberán rellenar con la muestra extraída de acuerdo a la norma (CE-010, 2010), que indica en capítulo 3 y en el ítem 3.2.8.
 - Para cada punto de investigación se elaboró un perfil estratigráfico, de acuerdo a la clasificación manual, según la NTP 339.150:2001, de acuerdo a la norma técnica (CE-010, 2010).
 - Por cada cinco puntos de investigación o menos se debe de terminar un CBR y por cada tipo de suelo subrasante un CBR, de acuerdo a la norma establecida (CE-010, 2010), en el capítulo 3 en el ítem 3.2.12.



Figura 18: Extracción de muestra de la calicata N°01 en campo.
Fuente: Elaboración propia



Figura 19: Extracción de muestra de la calicata N°02 en campo.
Fuente: Elaboración propia

4.1.2.2 Ensayos de suelos (clasificación)

A. Contenido de humedad

Materiales

- Guantes de asbesto
- Taras metálicas
- Cuchara metálica

- Balanza de tres escalas (sensibilidad de 0.01 %)
- Horno Eléctrico (110 5°C)

Procedimiento

- Pesarse la tara metálica, para depositar una muestra.
- Muestra húmeda en la tara pesarse con aproximación de 0.01 gr.
- Secar la muestra con su recipiente en horno a una temperatura de 110 5°C aproximadamente 24 horas.

Tabla 24. Resultados de contenido de humedad de la Calicata N°01 por AASHTO

Ubicación:	C - 1	C - 1	C - 1	C - 1
Estrato:	E-01	E-02	E-03	E-04
Potencia:	0.20	0.30	0.40	0.30
Contenido de Humedad	16.57	27.78	24.77	25.27

Fuente: Elaboración propia obtenidos los resultados del laboratorio de suelos

Tabla 25. Resultados de contenido de humedad de la Calicata N°02

Ubicación:	C - 2	C - 2	C - 2	C - 2
Estrato:	E-01	E-02	E-03	E-04
Potencia:	0.20	0.30	0.40	0.30
Contenido de Humedad	11.24	17.54	22.79	26.78

Fuente: Elaboración propia obtenidos los resultados del laboratorio de suelos



Figura 20: realización de contenido de humedad
Fuente: Elaboración propia

B. análisis granulométrico por tamizado

Materiales

- Bandejas
- Recipientes con agua limpia
- Martillo de goma
- Cepillo de alambre fino
- Horno de 110 5°C
- Balanza de tres escalas con sensibilidad de 0.1 %
- Balanza de torsión con sensibilidad de 0.1 %
- Juego completo de tamices con tapa y fondo

Procedimiento

- Peso total de la muestra seca pesarla, registrarla ya cuarteada.
- Con tamiz N° 200 realizar el lavado de muestra hasta que el agua quede limpia y clara.
- En el horno secar la muestra con una temperatura de 105°C aproximadamente 18 horas.
- Con el juego de tamices se efectúa el tamizado ordenado de forma decreciente con la muestra secada.

Tabla 26. *Resultados de granulometría*

Ubicación:	C – 1	C - 1	C - 1	C - 1
Estrato:	E-01	E-02	E-03	E-04
Potencia:	0.20	0.30	0.40	0.30
Peso Inicial finos :	300.00	300.00	300.00	300.00
Peso Lavado:	80.23	32.33	28.89	37.20
Peso Perdido:	219.77	267.67	271.11	262.80
Malla N° 10 % que pasa	90.76	96.81	99.58	99.63
Malla N° 40 % que pasa	65.10	90.81	98.02	95.02

Fuente: Elaboración propia obtenidos los resultados del laboratorio de suelos



Figura 21: Muestra tamizado después de lavado y secado en horno Calicata N°01 y N02

Fuente: Elaboración propia



Figura 22: Muestra tamizado después de lavado y secado en horno Calicata N°01 y N02

Fuente: Elaboración propia

C. Límites de consistencia (ATTERBERG)

➤ Límite Líquido (LL)

Equipo

- Tamiz No 40.
- Cápsulas metálicas.
- Copa de Casagrande y acanalador.
- Pipeta (cuentagotas).

- Pocillo de porcelana y espátulas.
- Balanza de tres escalas (sensibilidad al 0.01 gr).

Procedimiento

- Con la malla N° 40 se realiza tamizado con la muestra secada aproximadamente 150 gr. Descartando el material retenido.
- Reposar las 24 horas ya el material mezclado con el agua.
- Formar como una torta circular con la materia reposada a centímetros en el punto de máxima profundidad.
- Se realiza una ranura firme con el acanalador a lo largo del diámetro a través de la línea central con mezcla contenida en la cuchara, para luego evitar desgarramientos del suelo en la ranura.
- En cada 1 segundo dar 2 vueltas y anotar los golpes hasta que se junten las ranuras en el fondo 0.50.

➤ **Límite Plástico (LP)**

Equipo

- Placa de vidrio esmerilado
- Horno Eléctrico de 110
- Cápsulas metálicas
- Balanza de tres escalas (0.01 gr.)

Procedimiento

- La muestra tiene que ser rodada entre los dedos con la mano en el vidrio esmerilado con el material usado del límite líquido.
- Rodando en el vidrio se hace en forma de bastones cilíndricos con una muestra aproximadamente 2 gr. Hasta quitarle la humedad en ello.

- Con la mano se hace movimiento hacia adelante y atrás en una posición de arranque a razón de 0.80 a 0.90 ciclos por minuto.
- Al final obtener de forma bastones de 3.2 mm de diámetro, resquebrajaduras superficiales.

Tabla 27. Limite líquido ASTM D 4318 - Límite plástico ASTM D - 4318

Ubicación:		C - 1	C - 1	C - 1	C - 1
Estrato:		E-01	E-02	E-03	E-04
Potencia:		0.20	0.30	0.40	0.30
Límite Líquido:	LL =	36.91%	45.85%	50.10%	35.48%
Límite Plástico:	LP =	18.60%	19.83%	23.97%	20.80%
Índice de Plasticidad:	IP =	18.31%	26.02%	26.12%	14.68%
Contenido de Humedad:	Wn =	16.57%	27.78%	24.77%	25.27%
Grado de Consistencia:	Kw =	111.11%	69.43%	96.94%	69.53%
Grado de Consistencia:		Media Dura, Sólida	Suave	Plástica	Suave

Fuente: Elaboración propia obtenidos los resultados del laboratorio de suelos

D. Clasificación de suelo

❖ El sistema de clasificación de suelos de la AASHTO

El sistema de clasificación de American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO, (1993) es muy utilizado para construir los pavimentos.

Se clasifican en 8 grupos de acuerdo al sistema y con base en su comportamiento de suelo, con símbolos del A-1 hasta A-8, los suelos inorgánicos se clasifican solo en 7 grupos que son de A-1 hasta A-7 en resumen se dividen en un total de doce subgrupos, como A-8 son suelos con proporción elevada de material orgánica.

Tabla 28. Clasificación de Suelos AASHTO

Ubicación:	C - 1	C - 1	C - 1	C - 1
Estrato:	E-01	E-02	E-03	E-04
Potencia:	0.20	0.30	0.40	0.30
Tipo de Suelo:	Material Limo Arcilloso	Material Limo Arcilloso	Material Limo Arcilloso	Material Limón Arcilloso
Clasificación de Suelos:	A - 6	A - 7	A - 4	A - 4
Suelo:		A - 7 - 6		
Tipo De Material:	Suelo Arcilloso	Suelo Arcilloso	Suelo Limoso	Suelo Limoso

Terreno De Fundación	Regular a Malo	Regular a Malo	Regular a Malo	Regular a Malo
-------------------------	----------------	----------------	-------------------	-------------------

Fuente: Elaboración propia, obtenidos los resultados del laboratorio de suelos

❖ **Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)**

El agrupamiento está basado en la identificación de los suelos sus cualidades plasticidad y estructural su comportamiento los materiales de construcción.

Los retenidos en dicho tamiz son suelos gruesos, y los que pasan si considera finos que un suelo es grueso si más del 50% de las partículas son retenidas en el tamiz número 200 y fino si más del 50 por ciento son menores las partículas del dicho tamiz.

Sus respectivos prefijos son los siguientes:

G: Grava.

S: Arena.

M: Limo.

C: Arcilla.

O: Limos o arcillas orgánicas.

Pt: Turba y suelos altamente orgánicos.

Subdivisiones en dichos grupos:

- H: Alta plasticidad.
- L: Baja plasticidad.
- W: Bien graduado.
- P: Mal graduado.

Suelos Granulares

Clasificados (A - 1, A - 2 y A - 3, por la AASHTO) son gravas, arenas y suelos gravosos o arenosos, que tiene poca cantidad de material fino que es limo o arcilla.

- GW, GC, GP y GM.
- SW, SC, SP y SM.

Suelos Finos

Son materiales limosos, finos o arcillosos de muy baja o alta ininteligible:

- Suelos de baja o mediana compresibilidad: ML, CL, y OL.
- Suelos de alta compresibilidad: MH, CH y OH.

Tabla 29. Clasificación de suelos según S.U.C. S

Ubicación:	C – 1	C - 1	C - 1	C - 1
Estrato:	E-01	E-02	E-03	E-04
Potencial:	0.20	0.30	0.40	0.30
Tipo de Suelo Según su Granulometría:	Suelo Fino	Suelo Fino	Suelo Fino	Suelo Fino
	Baja Plasticidad	Baja Plasticidad	Alta Plasticidad	Baja Plasticidad
Tipo de Simbología:	Simbología Normal	Simbología Normal	Simbología Normal	Simbología Normal
Tipo de Suelo:	CL, ML, OL	CL, ML, OL	CH, MH, OH	CL, ML, OL
Suelo:	CL	CL	CH	CL
Características del Suelo:	CL	CL	CH	CL

Fuente: Elaboración propia, obtenidos resultados del laboratorio de suelos

4.1.2.3 Ensayos de suelos para determinar su comportamiento

➤ Proctor modificado

Equipo

- Probeta graduada de 500 cm³.
- Balanza de 20 kilos de capacidad.
- Balanza de tres escalas.
- Pisón de 10 lb.
- Horno Eléctrico (110 ± 5° C)
- Brocha y badilejo.
- Martillo de goma.
- Tamices (2", 3/4", 3/8" y N° 4).
- Molde de Proctor de ambos.

Procedimiento

- El material debe ser secado de preferencia a la intemperie, aproximadamente 40 kg de la muestra, para luego disgregar los materiales grandes con el martillo de goma no alterar sus propiedades mecánicas.
- Descartar materiales retenidos después de amasarlo con 2", ¾", 3/8", el número 4.
- Los métodos de ensayo tomar de acuerdo con el ensayo de granulometría, si es el método A o B se tomará 2.5 kg, y se es método C será la muestra de 6.00kg.
- El material mover o revolver manualmente con adicional de agua 2% o 4%, hasta lograr una mezcla uniforme.
- Antes de compactar con el piso en caída libre la mezcla dividir en 5 partes iguales luego depositar con la cuchara metálica.
- Enrasar con una regla metálica nivelar al borde del molde luego de compactar en 5 partes la muestra en molde.
- Retirar la muestra una parte de ello va para el horno para su peso en una tara metálica de una porción, para determinar el contenido de humedad lo resto dejarlo en tacho desechable (Bowles, 1980).

Tabla 30. Método de compactación: Proctor modificado AASHTO T-180 MÉTODO - C

VOLUMEN DEL MOLDE (CM3)	PESO DEL MOLDE (GR):		
	929.374	10276.00	10489.00
número de ensayos	1.00	2.00	3.00
porcentaje de agua	0.00	0.04	0.06
peso suelo + molde	9857.00	10276.00	10489.00
peso suelo húmedo compactado	5615.00	5719.00	5685.00
peso volumétrico húmedo	6.04	6.15	6.12
CONTENIDO DE HUMEDAD			
	t-		
Recipiente nro.	039	t-022	t-012
peso suelo humedo + tara	61.14	73.56	65.52
peso suelos seco + tara	54.50	66.50	58.50
peso de la tarea	15.82	23.13	23.31
peso de agua	6.64	7.06	7.02
peso de suelo seco	38.68	43.37	35.19
contenido de agua	17.17	16.28	19.95
% promedio de agua	17.17	16.28	19.95
peso volumétrico seco	5.16	5.29	5.10

Fuente: Elaboración propia, obtenidos los resultados del laboratorio de suelos



Figura 23: realización de ensayo de Proctor modificado.
Fuente: Elaboración propia

➤ **Valor relativo de soporte (cbr)**

Equipo

- Tamices (2", 3/4", 3/8" y N° 4).
- Molde cilíndrico.
- Disco Espaciador.
- Pisón de 10 Lb.
- Horno Eléctrico ($110 \pm 5^\circ \text{C}$)
- Balanza de tres escalas (0.01 gr).
- Balanza De 20 kg. (± 1 gr).
- Probeta graduada (500 cm³).
- Cucharón metálico y bandeja metálica grande.
- Taras.
- Gata de tornillo con carga.
- Vástago ajustable y juego de placas (10 Lb).
- Micrómetro con su trípode para lectura de la expansión de suelo.

Procedimiento

- Para el CBR se utiliza el mismo material del ensayado el Proctor, la muestra tiene que ser seca.
- Para determinar la máxima densidad seca en los ensayos Proctor de acuerdo de ello la cantidad de agua tiene que ser similar.
- Lograr una mezcla uniforme en 5 partes.
- Dentro del molde colocar el espaciador y su papel de filtro sobre este, para someter a una compactación de 56 golpes.
- Colocar previamente un papel filtro y retirar el disco espaciador, para luego proceder a registrar el peso de la muestra húmeda.
- Retirar disco espaciador colocando previamente un papel filtro para luego pesar la muestra húmeda.
- De acuerdo al manual la primera muestra de 56 golpes de caída libre, echar la segunda muestra luego dar 35 golpes y en la tercera muestra a 12 golpes.
- Ya sumergido los moldes de lectura con el extensómetro cada 24 horas por 4 días.
- Sacar los moldes del agua después de 4 días y dejar drenar el agua durante 15 minutos.
- Medir la penetración para la aplicación de carga colocando el espécimen en la prensa con su respectiva sobrecarga luego asentar el pisón sobre la muestra.
- El pistón a velocidad constante de penetración de 0.05" por minuto
- Se registra las lecturas del dial de carga para penetración de 0.25, 0.05, 0.075, 0.10, 0.15, 0.20, 0.30, 0.40 y 0.50 pulgadas de acuerdo que se inca el pisón a velocidad constante de penetración.

➤ **Determinación del C.B.R. de diseño**

Con las calicatas se obtienen valores de C.B.R. para proceder o hallar el C.B.R. de diseño.

Para determinación del valor resistencia de diseño es un criterio más difundido que es de Instituto del Asfalto propuesto, indica tomar un valor total que el 60, o el 75 o

el 87.5% de los valores peculiares sean igual o mayor que el de acuerdo con el tránsito, como se muestra en la Tabla 31.

Tabla 31. CBR de diseño "límites para selección de resistencia"

Número de ejes de 8.2 tn en el carril de diseño (N)	Percentil a seleccionar para hallar la resistencia (%)
< 10 ⁴	60
10 ⁴ - 10 ⁶	75
> 10 ⁶	87.5

Fuente: (Montejo, 2002)

Para determinar el "C.B.R." del diseño para terreno de fundación se tomará de la tabla 17 respecto al 95% de la M.D.S. en % para el proyecto de investigación tenemos el dato de ESAL de diseño 0.11x10⁶ el cual corresponden a un percentil de 75 %.

Tabla 32. Ensayo de compactación de CBR

Nº de Golpes		56	25	12
Nº de Molde		M-009	M-008	M-006
Peso Sh+ Peso Molde (g)		11723	11529	12366
Peso Molde (g)		7809	7599	8498
Peso Sh (g)		3914	3930	3868
Densidad Suelo Húmedo (g/cm ³)		1.8504343	1.8503674	1.8285668

Fuente: Elaboración propia, obtenidos los resultados del laboratorio de suelos



Figura 24: compactación de CBR

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Control de determinación de la expansión

DETERMINACIÓN DE LA EXPANSIÓN						
Fecha y Hora	Molde 56 golpes		Molde 25 golpes		Molde 12 golpes	
31/10/2019 6:30 (mm)	0.121	0	0.048	0	0.435	0
1/11/2019 16:30 (mm)	0.165	0.044	0.097	0.049	0.482	0.047
2/11/2019 16:30 (mm)	0.174	0.009	0.112	0.015	0.492	0.0105
3/11/2019 16:30 (mm)	0.178	0.004	0.125	0.013	0.512	0.0195
4/11/2019 16:30 (mm)	0.18	0.002	0.131	0.006	0.525	0.013
Expansión	0.059		0.083		0.09	

Fuente: Elaboración propia, obtenidos los resultados del laboratorio de suelos



Figura 25: Lectura de expansión

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Ensayo de penetración de CBR

DETERMINACIÓN Penetración (MM)	DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE					
	Molde 56 golpes		Molde 25 golpes		Molde 12 golpes	
	carga	sobrecarga	carga	sobrecarga	carga	sobrecarga
	kg	kg/cm2	kg	kg/cm2	kg	kg/cm2
0	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.64	40	2.07	24	1.24	37	1.91
1.27	62	3.20	51	2.64	53	2.74
1.91	84	4.34	76	3.93	64	3.31
2.54	107	5.53	93	4.81	75	3.88
3.18	117	6.05	107	5.53	82	4.24
3.81	124	6.41	117	6.05	88	4.55
5.08	139	7.18	135	6.98	103	5.32
7.62	161	8.32	161	8.32	124	6.41
10.16	173	8.94	181	9.35	139	7.18

Fuente: Elaboración propia, obtenidos los resultados del laboratorio de suelos

Tabla 35. *Ensayo de penetración de CBR*

	56	25	12
densidad seca	1.36	1.36	1.35
0.1	5.53	4.81	3.88
0.2	7.18	6.98	5.32
CBR	7.18	6.98	5.32
CBR	7.18	6.98	5.32
densidad seca	1.36	1.36	1.35

Fuente: Elaboración propia



Figura 26: realización de penetración

Fuente: Elaboración propia

Mezcla de suelos para Subbase

Caracterización de suelos según resultados cuyos reportes se encuentran anexadas en el proyecto, en base a las especificaciones contenidos en la norma EG-2013, se mencionan los resultados dentro de las especificaciones de la norma.

Tabla 36. *Requerimientos granulométricos para Sub base granular.*

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 - 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
4.75 mm (N°4)	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
2.0 mm (N°10)	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
4.25 mm (N°40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
75 mm (N°200)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	Ago-15

Fuente: (EG-2013)

4.1.3 Estudio de tránsito para el diseño de pavimento

4.1.3.1 aforo de volumen vehicular

Para poder realizar el conteo del tráfico u obtener datos, se recolectó los datos de campo, el conteo vehicular dura 07 días calendarios, desde el día domingo 13 de octubre del 2019 hasta 19 de octubre del 2019, teniendo la consideración de hacerlo cada hora el registro, en el jirón mencionado.

Se considerará como un nodo de características más relevantes en la intersección del Jr. Abraham Valdelomar y Av. Huancané, el cual nos sirvió como punto estratégico de aforo vehicular, un punto de estación estratégico para aforo vehicular.

La intersección más relevante en punto de estrategia del Jr. Abraham Valdelomar y Av. Huancané, el cual nos sirve como un punto estratégico para el aforo vehicular.






















AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO																						
PROYECTO DE TESIS		"ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO – ECONÓMICO ENTRE PAVIMENTO FLEXIBLE Y RÍGIDO POR LOS MÉTODOS INSTITUTO DE ASFALTO Y AASHTO-93, EN JR. ABRAHAM VALDELOMAR, URBANIZACIÓN TAMBOPATA, DISTRITO JULIACA, PROVINCIA SAN ROMÁN - PUNO"																				
TRAMO	JR. ABRAHAM VALDELOMAR															ESTACION	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.					
SENTIDO	E ←														S →							
UBICACION	URBANIZACIÓN TAMBOPATA, DISTRITO JULIACA, PROVINCIA SAN ROMAN -																					
DIA	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER					TRAYLER				TOTAL	Veh/día	
			PICK UP	PICK UP		B2	>=B3	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	3S1	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
																						
DOMINGO	0	149	30	19	12	10	4	26	19	12	5	3	2	0	0	6	0	0	0	0	297	Veh/día
LUNES	43	139	16	23	22	6	4	21	12	7	2	2	4	0	0	6	0	0	0	0	307	Veh/día
MARTES	41	182	77	17	16	6	4	25	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	371	Veh/día
MIÉRCOLES	93	304	155	128	25	3	13	50	6	0	0	2	1	0	0	3	0	0	0	0	783	Veh/día
JUEVES	71	275	92	42	25	4	0	28	6	3	0	0	3	0	0	5	0	0	0	0	554	Veh/día
VIERNES	197	337	71	61	4	1	1	29	3	2	0	0	1	0	0	6	0	0	0	0	713	Veh/día
SÁBADO	152	244	135	0	14	3	0	32	4	1	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	593	Veh/día
TOTAL	85	233	82	41	17	5	4	30	7	4	1	1	2	0	0	5	0	0	0	0	517	

Figura 27: Aforo vehicular de domingo (13/10/2019) al sábado (19/10/2019). Carril derecho y carril izquierdo

Fuente: Datos de aforo vehicular realizado por el tesista.

4.1.3.2 Elección del carril de diseño:

En una vía urbana y con mayor cantidad de vehículos en ambas direcciones se han requerido como carril de diseño al carril izquierdo y derecho es superior a flujo vehicular considerándolo como carril crítico.

4.1.3.3 Determinación del tránsito promedio diario semanal (TPDS)

Durante una semana se realizó aforo vehicular, se determinó el índice medio diario semanal (TPDS) a través de la ecuación N° 3.

$$TPDS = \frac{3618}{7} = 516.86 = 517 \dots \dots \text{Ecuación N° 3}$$

$$TPDS = 517 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

El valor de "K" se obtiene, recorriendo al uso de tabla 37, para lo cual se ha considerado previamente un nivel de confiabilidad del 89.6% el valor de k es 1.5.

Tabla 37. Valor de K para distintos valores de confiabilidad

Nivel de Confiabilidad (%)	K
89.6	1.5
90	1.64
95	1.96
96	2
98.1	2.5

Fuente: Apuntes de Ingeniería civil

TPDA son los siguientes:

$$K = 1.5$$

$$N = 365 \text{ d\u00edas.}$$

$$n = 7 \text{ d\u00edas (domingo a s\u00e1bado)}$$

$$TPDS = 517 \text{ veh\u00edculos / d\u00eda.}$$

Tomando los datos de la tabla de aforo vehicular del domingo (13/10/2019) al s\u00e1bado (19/10/2019), v\u00eda izquierda y derecha se obtiene la siguiente tabla N° 38:

Tabla 38. Datos para el cálculo de la desviación estándar (S)

Tipo de Vehículo	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total
Total, veh =								
Tdi	297	307	371	783	554	713	593	3618
TPDS	517	517	517	517	517	517	517	
Tdi-TPDS	-220	-210	-146	266	37	196	76	
(Tdi - TPDS) ²	48338	44041	21275	70830	1379	38471	5797	230133

Fuente: Elaboración propia

Determinar el valor de “s” con la ecuación N° 4.

$$s = \left(\sqrt{\frac{230133}{7-1}} \right) = 195.85 \dots \dots \text{Ecuación N° 4}$$

Con valores de N=365, n=7 y s=195.85, el cálculo de la desviación estándar poblacional (s'), reemplazando en la ecuación N° 5:

$$\sigma' = \frac{195.85}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{365-7}{365-1}} \right) = 73.41 \dots \dots \text{Ecuación N° 5}$$

Calcular el valor del TPDA, reemplazando en la ecuación N°6:

$$TPDA = 517 + 1.5 * 73.41 = 627.115 = 627 \dots \dots \text{Ecuación N°6}$$

$$TPDA = 517 - 1.5 * 73.41 = 406.89 = 407$$

El intervalo de confianza del TPDA, de otra manera:

$$407 \text{ vehiculos/dia} = TPDA = 627 \text{ vehiculos/dia}$$

Valor máximo que puede tomar es:

$$TPDA = 627 \text{ Vehículos/día.}$$

4.1.3.4 Determinación de la tasa anual de crecimiento de tráfico

Tabla 39. Parque Automotor del Perú, según departamento.

Parque automotor en circulación a nivel nacional, Según departamento. 2004 - 2012 (unidades)				
Departamento	2010	2011	2012	Tasa promedio anual
Total	1 849 690	1 979 865	2 137 837	7.89
Amazonas	2390	2407	2 400	-0.29
Áncash	22086	23332	25 418	8.99
Apurímac	3969	3966	4 039	1.84
Arequipa	105521	116 985	134 533	13.07
Ayacucho	5716	5784	5 941	2.71
Cajamarca	15107	17320	19 673	13.59
Cusco	45090	48491	53 675	10.69
Huancavelica	1319	1317	1 323	0.46
Huánuco	11864	12576	13 476	7.16
Ica	26135	26419	26 551	0.5
Junín	51094	53118	56 237	5.87
La Libertad	156672	162 026	167 325	3.27
Lambayeque	45861	49440	53 902	9.03
Lima	1195353	1 287 454	1 395 576	8.4
Loreto	5089	5211	5 313	1.96
Madre de Dios	986	1027	1 062	3.41
Moquegua	13346	14003	14 608	4.32
Pasco	7351	7 292	7 238	-0.74
Piura	36367	39099	42 404	8.45
Puno	34169	37074	40 543	9.36
San Martín	10151	10418	10 926	4.88
Tacna	40465	42318	44 430	4.99
Tumbes	3086	3119	3 257	4.42
Ucayali	7461	7679	7 987	4.01

Nota: Información estimada, considera la tasa de baja anual

Fuente: (Rojas & Paredes , 2019)

Según trabajos realizados de investigación de AASHTO 93, al respecto del determinación de la tasa de crecimiento en el diseño de pavimento ya que es una situación crítica al momento de determinar el dicho, se determinó a partir de la estimación de sus

componentes en función del tránsito actual de una determinada vía, para tasa de crecimiento anual del tránsito de las vías en estudio se usó dichas recomendaciones en porcentajes (AASHTO, 1993).

Considerados los siguientes:

- Crecimiento Anual Normal de Tránsito = 1.50%.
- Tránsito Generado Anual = 1.00%.
- Tránsito Desarrollado Anual = 0.50%.
- Tasa Anual de Crecimiento de Tránsito = 3.00%

De acuerdo a los valores emitidos por la Dirección de Información de Gestión (MTC) y las recomendaciones de la y (AASHTO, 1993), el valor que se considerarán para la Tasa Anual de Crecimiento de Tránsito vendrá a ser:

Tasa anual de crecimiento = 9.00%

Periodo de diseño de 20 años y r = una tasa de crecimiento anual de 9.00%, aplicando la Ecuación N° 7.

$$\text{Factor de crecimiento} = \frac{(1 + r)^n - 1}{r} \dots \dots \text{Ecuación N° 7}$$

$$\text{Factor de crecimiento} = \frac{(1 + 0.09)^{20} - 1}{0.09} = 51.16$$

$$\text{Factor de crecimiento} = 51.16$$

4.1.3.5 Cálculo del ESAL

Por el carril de diseño es dividido conteo vehicular del tránsito proveniente, el volumen de tránsito de carril de diseño, que se convierte en determinado número de ESAL, para el diseño estructura de pavimento el ESAL como parámetro es usado al equivalente a Single Axle.

La ESA pesa 18,000 lb ó 8.2 ton ó 80 kN y que ejercen un efecto dañino sobre el pavimento como 1.

4.1.3.6 Factor de Equivalencia de Carga

Evaluar el efecto dañino como objetivo a un pavimento con cargas diferentes a eje estándar considerando carga por eje los factores de equivalentes, FEC que se obtuvieron los valores a través de los resultados del AASHTO Road Test. Con los resultados obtenidos determina la correspondencia entre cargas de diferentes transmisiones a la estructura de pavimento y a eje de ruedas, se expresa como se muestra en la ecuación N° 8.

$$FEC = \left(\frac{P1}{P0}\right)^4 \dots \dots \text{Ecuación N° 8}$$

Dónde: **FEC**: Factor de equivalencia de carga.

P1: Carga equivalencia de daño se desea calcular (tn).

P0: Carga estándar, los valores son los siguientes:

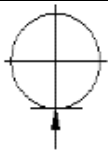
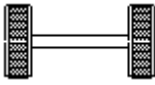
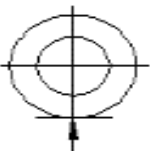
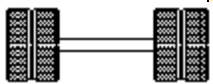
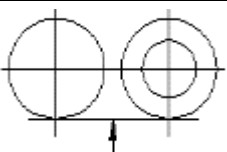
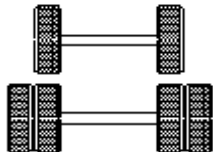
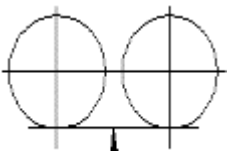
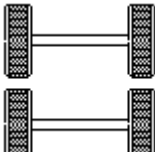
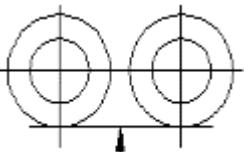
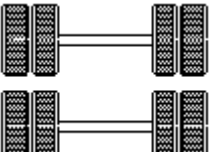
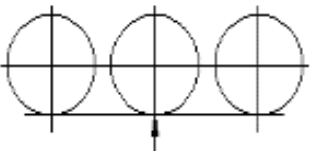
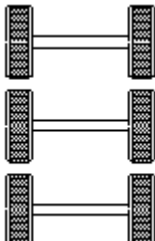
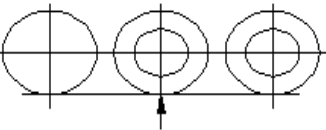
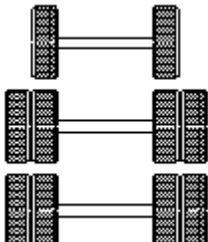
Para eje simple (1 rueda): $P1 = 6.6$, entonces: $FEC = \left(\frac{P1}{6.6}\right)^4$

Para eje simple (2 rueda): $P0 = 8.2$, entonces: $FEC = \left(\frac{P1}{8.2}\right)^4$

Para eje tándem: $P0 = 15$, entonces: $FEC = \left(\frac{P1}{15}\right)^4$

Para eje tridem: $P0 = 23$, entonces: $FEC = \left(\frac{P1}{23}\right)^4$

Es posible aplicar la ecuación con valores del Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. N° 058-2003-MTC) modificado por el D.S. N° 002- 2005-MTC, en donde se da valores para el peso máximo por eje o conjunto de ejes, se muestra en la siguiente Figura 28:

Conjunto de eje(s)	Nomenclatura	Simbología	N° Neumático	GRÁFICO	Peso máx. por eje(t)
Simple	1RS (Rodada simple)		02		7
Simple	1RD (Rodada doble)		04		11
Doble	1RS+1R D		06		16
Doble	2RS		04		12
Doble	2RD		8		18
Triple	3RS		06		16
Triple	1RS+2R D		10		23

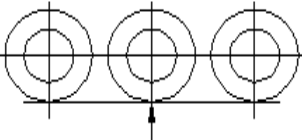
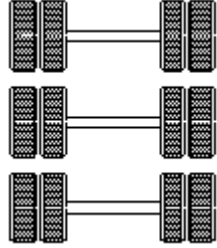
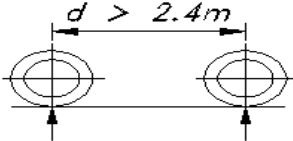
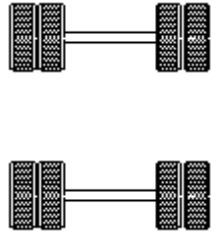
Triple	3RD		12		25
Doble Separador	1rd + 1 r d		8		11+11

Figura 28: Peso máximo por eje o conjunto de ejes (Valores de P1).
Fuente: D.S. N° 058-2003-MTC modificado por D.S. N° 002-2005-MTC.

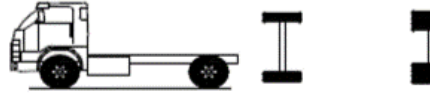

4.1.3.7 Cálculo del Factor Camión

Para El factor camión se utiliza la ecuación de FEC, y los factores de equivalencia de carga por eje, para alcanzar a partir de los resultados del AASHTO Road Test. Han permitido determinar las resultas equivalencias entre cargas distintas las ruedas y ejes que es transmitida al pavimento.

Si utiliza la ecuación de FEC para el cálculo de factor camión, a su vez los factores de equivalencia de carga por eje.

Tener en cuenta el análisis de tráfico que se desarrolló en consideración del reglamento nacional de vehículos, aprobado por el Decreto Supremo N N° 0582003 – MTC en su anexo IV pesos y medidas, en la Figura 29

TABLA DE PESO Y MEDIDAS

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)	
			Eje Delante	Conjunto de ejes posteriores				
				1°	2°	3°		4°
C2		12.3	7	11			18	
C3		13.2	7	18			25	

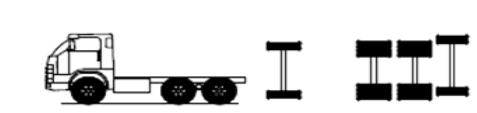
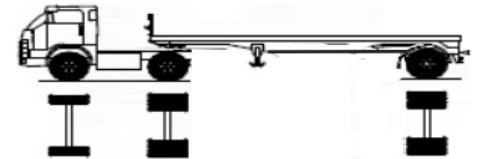
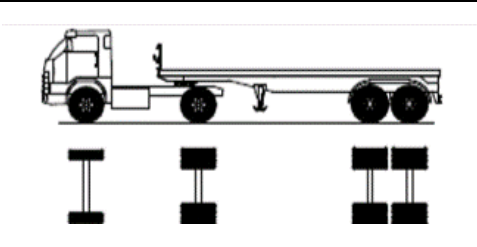
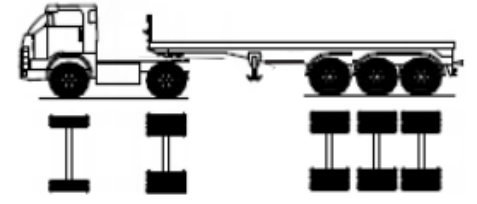
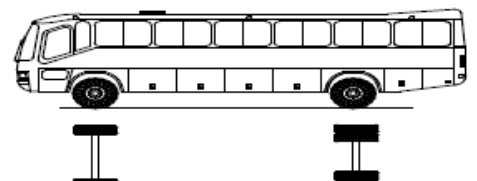
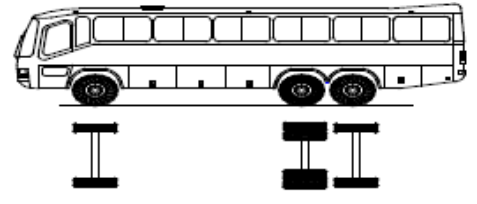
C4		13.2	7	23				30
T2S1		20.5	7	11	11			29
T2S2		20.5	7	11	18			36
T2S3		20.5	7	11	25			43
B2		13.2	7	11				18
B3-1		14	7	16				23

Figura 29: Parte de la Tabla de medidas máximas y pesos permitidas
Fuente: D.S. N° 058-2003-MTC.

4.1.3.8 Cálculo del número de ejes equivalentes (ESAL)

AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO																						
PROYECTO DE TESIS		"ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO – ECONÓMICO ENTRE PAVIMENTO FLEXIBLE Y RÍGIDO POR LOS MÉTODOS INSTITUTO DE ASFALTO Y AASHTO-93, EN JR. ABRAHAM VALDELOMAR, URBANIZACIÓN TAMBOPATA, DISTRITO JULIACA, PROVINCIA SAN ROMÁN - PUNO"																				
TRAMO	JR. ABRAHAM VALDELOMAR																			ESTACION	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.	
SENTIDO	E ← S →																			DIA		
UBICACION	URBANIZACIÓN TAMBOPATA, DISTRITO JULIACA, PROVINCIA SAN ROMÁN - PUNO																			FECHA		
DIA	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER					TRAYLER				TOTAL	Veh/día	
			PICK UP	PICK UP		B2	>=B3	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	3S1	3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2			>= 3T3
DOMINGO	0.00	149.00	30.00	19.00	12.00	10.00	4.00	26.00	19.00	12.00	5.00	3.00	2.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	297.00	Veh/día
LUNES	43.00	139.00	16.00	23.00	22.00	6.00	4.00	21.00	12.00	7.00	2.00	2.00	4.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	307.00	Veh/día
MARTES	41.00	182.00	77.00	17.00	16.00	6.00	4.00	25.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	371.00	Veh/día
MIÉRCOLES	93.00	304.00	155.00	128.00	25.00	3.00	13.00	50.00	6.00	0.00	0.00	2.00	1.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	783.00	Veh/día
JUEVES	71.00	275.00	92.00	42.00	25.00	4.00	0.00	28.00	6.00	3.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	554.00	Veh/día
VIERNES	197.00	337.00	71.00	61.00	4.00	1.00	1.00	29.00	3.00	2.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	713.00	Veh/día
SÁBADO	152.00	244.00	135.00	0.00	14.00	3.00	0.00	32.00	4.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	593.00	Veh/día
TOTAL	85.29	232.86	82.29	41.43	16.86	4.71	3.71	30.14	7.14	4.00	1.00	1.00	1.57	0.00	0.00	4.86	0.00	0.00	0.00	0.00	516.86	

Figura 30: Aforo vehicular para estudio de tráfico
Fuente: elaboración propia

RESUMEN DE CONTEO TRAFICO SEMANAL																						
PROYECTO DE TESIS		"ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO – ECONÓMICO ENTRE PAVIMENTO FLEXIBLE Y RÍGIDO POR LOS MÉTODOS INSTITUTO DE ASFALTO Y AASHTO-93, EN JR. ABRAHAM VALDELOMAR, URBANIZACIÓN TAMBOPATA, DISTRITO JULIACA, PROVINCIA SAN ROMÁN - PUNO"																				
TRAMO	JR. ABRAHAM VALDELOMAR																			ESTACION		
SENTIDO	E ← S →																			DIA		
UBICACION	URBANIZACIÓN TAMBOPATA, DISTRITO JULIACA, PROVINCIA SAN ROMÁN - PUNO																			FECHA		
DIA	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER					TRAYLER				TOTAL	Veh/día	
			PICK UP	PICK UP		B2	>=B3	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	3S1	3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2			>= 3T3
IMDS	85.29	232.86	82.29	41.43	16.86	4.71	3.71	30.14	7.14	4.00	1.00	1.00	1.57	0.00	0.00	4.86	0.00	0.00	0.00	0.00	516.86	Veh/día
Fe%	13%																					Veh/día
IMDA 2019	96.37	263	93	47	19	5	4	34	8	5	1	1	2	0	0	5	0	0	0	0	584	Veh/día
r=3%	3																					Veh/día
n = 4 años	4																					Veh/día
IMDA 2023	108.468	296.154	104.653	52.6899	21.4393	5.99575	4.72392	38.3364	9.08446	5.0873	1.27182	1.27182	1.99858	0	0	6.17744	0	0	0	0	657	Veh/día

Figura 31: Resumen conteo tráfico semanal
Fuente: elaboración propia

CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES PAVIMENTO FLEXIBLE (ESAL)				
TIPO DE VEHÍCULOS	IMDA 2023	CARGA DE VEH. EJE	EJE EQUIVALENTE (EJE 8.2 TN)	F. IMDA
AUTOS, CAMIONETAS Y COMBIS	475	1	0.00	0.25
	475	1	0.00	0.25
B2	6	7	1.27	7.59
	6	10	2.21	13.26
>=B3	5	7	1.27	5.98
	5	16	1.26	5.95
C2	38	7	1.27	48.51
	38	10	2.21	84.79
C3	9	7	1.27	11.50
	9	16	1.26	11.45
C4	5	7	1.27	6.44
	5	21	1.06	5.38

T2S1	1	7	1.27	1.61
	1	10	2.21	2.81
	1	10	2.21	2.81
T2S2	1	7	1.27	1.61
	1	10	2.21	2.81
	1	16	1.26	1.60
T2S3	2	7	1.27	2.53
	2	10	2.21	4.42
	2	23	1.23	2.46
3S1	0	7	1.27	0.00
	0	16	1.26	0.00
	0	10	2.21	0.00
3S2	0	7	1.27	0.00
	0	16	1.26	0.00
	0	16	1.26	0.00
>= 3S3	6	7	1.27	7.82
	6	16	1.26	7.79
	6	23	1.23	7.61
2T2	0	7	1.27	0.00
	0	10	2.21	0.00
	0	10	2.21	0.00
	0	10	2.21	0.00
2T3	0	7	1.27	0.00
	0	10	2.21	0.00
	0	10	2.21	0.00
	0	16	1.26	0.00
3T2	0	7	1.27	0.00
	0	16	1.26	0.00
	0	10	2.21	0.00
	0	10	2.21	0.00
>= 3T3	0	7	1.27	0.00
	0	16	1.26	0.00
	0	10	2.21	0.00
	0	16	1.26	0.00
			f. IMDA	247.24
DIAS DEL AÑO	365	r %	3	
FACTOR DIRECCIONAL	0.5	n°	20	
FACTOR CARRIL	0.8	ESAL	969,936.166	

$$ESAL = (EF. IMDA) * 365 * DD * DL * \left[\frac{(1+r)^n}{r} - 1 \right]$$

Figura 32: Cálculo de ejes equivalentes para pavimento flexible (ESAL) Elaboración acuerdo guía de AASHTO 93
Fuente: elaboración propia

Se obtiene finalmente. **ESAL diseño de pavimento flexible = 969936.17**

CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES PAVIMENTO RÍGIDO (ESAL)				
TIPO DE VEHÍCULOS	IMDA 2023	CARGA DE VEH. EJE	EJE EQUIVALENTE (EJE 8.2 TN)	F. IMDA
AUTOS, CAMIONETAS Y COMBIS	475	1	0.00	0.21
	475	1	0.00	0.21

B2	6	7	1.27	7.63
	6	10	2.26	13.53
>=B3	5	7	1.27	6.01
	5	16	2.13	10.08
C2	38	7	1.27	48.80
	38	10	2.26	86.49
C3	9	7	1.27	11.56
	9	16	2.13	19.38
C4	5	7	1.27	6.48
	5	21	2.62	13.34
T2S1	1	7	1.27	1.62
	1	10	2.26	2.87
	1	10	2.26	2.87
T2S2	1	7	1.27	1.62
	1	10	2.26	2.87
	1	16	2.13	2.71
T2S3	2	7	1.27	2.54
	2	10	2.26	4.51
	2	23	3.07	6.13
3S1	0	7	1.27	0.00
	0	16	2.13	0.00
	0	10	2.26	0.00
3S2	0	7	1.27	0.00
	0	16	2.13	0.00
	0	16	2.13	0.00
>= 3S3	6	7	1.27	7.86
	6	16	2.13	13.18
	6	23	3.07	18.94
2T2	0	7	1.27	0.00
	0	10	2.26	0.00
	0	10	2.26	0.00
	0	10	2.26	0.00
2T3	0	7	1.27	0.00
	0	10	2.26	0.00
	0	10	2.26	0.00
	0	16	2.13	0.00
3T2	0	7	1.27	0.00
	0	16	2.13	0.00
	0	10	2.26	0.00
	0	10	2.26	0.00
>= 3T3	0	7	1.27	0.00
	0	16	2.13	0.00
	0	10	2.26	0.00
	0	16	2.13	0.00
		f. IMDA	291.44	
DIAS DEL AÑO	365		r %	3
FACTOR DIRECCIONAL	0.5		n°	20
FACTOR CARRIL	0.8	ESAL	1143333.641	

$$ESAL = (EF \cdot IMDA) * 365 * DD * DL * \left[\frac{(1+r)^n}{r} - 1 \right]$$

Figura 33: Cálculo de ejes equivalentes para pavimento rígido (ESAL) Elaboración de acuerdo guía de AASHTO 93

Fuente: elaboración propia

Se obtiene finalmente. **ESAL diseño de pavimento rígido = 1143333.64**

4.2 Diseño estructural pavimento flexible y rígido por la metodología AASHTO 93 y de instituto del asfalto

4.2.1 Diseño pavimento flexible por método AASHTO 93

Periodo de diseño

Periodo de diseño se consideró 20 años por ser una carretera de bajo volumen de tránsito.

Índice de serviciabilidad

El diseño del pavimento con la ecuación N° 9 se elige la serviciabilidad inicial P_i y final P_t , estos valores se adoptan según la recomendación por él (AASHTO, 1993).

$P_i = 4.2$ para pavimentos flexibles.

$P_t = 2.0$ para vías secundarias.

$$\Delta PSI = P_i - P_t = 4.2 - 2 = 2.2 \dots \dots \text{Ecuación N}^\circ 9$$

Factor de Confiabilidad (R)

Por las características de la zona de estudio el diseño adopta un nivel de confiabilidad de $R = 0.75$ de acuerdo a la tabla para el tipo de camino local en zona urbana se tiene $Z_R = 0.674$.

Error estándar combinado (So)

Para el estudio se consideró el valor de $S_o = 0.45$ según basado en el desarrollo de la carretera experimental efectuada por la AASHTO, (1993) para pavimentos flexibles.

Tránsito (ESALs)

Cálculo del tráfico durante el primer año de servicio de la vía en estudio con la ecuación N° 10.

$$ESAL = (EF.IMDA) * 365 * DD * DL * \left[\frac{(1+r)^n}{r} - 1 \right] \dots \dots \text{Ecuación N° 10}$$

Se obtiene finalmente. **ESAL diseño de pavimento flexible = 969936.17**

Características de los materiales de las capas del pavimento

Módulo resiliente efectivo de la Subrasante reemplazando a la ecuación N° 11.

$$Mr = 2555 \times CBR_{dis}^{0.55} \dots \dots \text{Ecuación N° 11}$$

$$Mr = 22.1 \times 7.198^{0.55}$$

$$Mr = 7565.85 \text{ Psi}$$

CBR de la sub – base en la ecuación N° 12

$$CBR_{sub-base} = 72\% \dots \dots \text{Ecuación N° 12}$$

$$CBR_{base} = 82\%$$

Cálculo del número estructural requerido (SN)

Se calcula reemplazando en la ecuación N° 1 AASHTO 93:

$$\log_{10}(9.70E + 05) = -1.645 * 0.45 + 9.36 * \text{Log}(SN + 1) - 0.2 \left[\frac{\log\left(\frac{1.8}{4.5 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} \right] + 2.32 * \text{Log}(7565.855)$$

$$- 8.07 \dots \dots \text{Ecuación N° 1}$$

$$W_{18} = \text{Tráfico} = 9.70E+05$$

$$Z_R = \text{Desviación Estándar Normal} = 0.674$$

$$S_o = \text{Error Estándar Combinando de la predicción del tráfico} = 0.45$$

$$\Delta PSI = \text{Diferencia entre la serviciabilidad inicial (Po)y final (Pi)} = 2.2$$

$$Mr = \text{Módulo resiliencia de la sub – rasante (Psi)} 9516.99 \text{ psi}$$

SN = numero estructural indicativo espesor total del pavimento =?

La ecuación general se pudo obtener como resultado el número estructural requerido:

$$SN_{\text{requerido}} = 4.5$$

Cálculo de los espesores del pavimento

Para la carpeta de rodadura resolviendo ecuación N° 13, lo recomendable es trabajar con una estabilidad marshall de 9000 N Para los CBR tanto de base y sub base tomaremos los valores de los ensayos de laboratorios respectivos.

$$Mr = 22.1 \times 60^{0.55} \dots \dots \text{Ecuación N}^\circ 13$$

$$Mr = 210.08 \text{ MPa}$$

$$Mr = 210.08 \text{ MPa} * 145.0377 \text{ Psi}$$

$$Mr = 30468.871$$

$$\log_{10}(9.70E + 05) = -1.645 * 0.45 + 9.36 * \text{Log}(SN + 1) - 0.2 \left[\frac{\log\left(\frac{1.8}{4.5 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} \right] + 2.32 * \text{Log}(30468.87)$$

$$- 8.07 \dots \dots \text{Ecuación N}^\circ 1$$

$$SN_2 = 3.7$$

Cálculo del SN para proteger base (SN1)

Usaremos la correlación con el CBR de la sub base (datos obtenidos en ensayos de laboratorio.) para obtener el MR.

$$Mr = 22.1 \times 100^{0.55} \dots \dots \text{Ecuación N}^\circ 12$$

$$Mr = 278.22 \text{ Mpa}$$

$$Mr = 278.22 \text{ Mpa} * 145.0377 \text{ Psi}$$

$$Mr = 40352.754$$

$$\log_{10}(9.70E + 05) = -1.645 * 0.45 + 9.36 * \text{Log}(SN + 1) - 0.2 \left[\frac{\log\left(\frac{1.8}{4.5 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} \right] + 2.32 * \text{Log}(40352.75) - 8.07$$

$$SN3 = 3.3$$

Espesor de carpeta asfáltica. 5 pulg = 13 cm.

Base granular. 11 pulg = 27 cm

Sub base granular. 9.5 pulg = 24 cm

Capa Sub rasante. 47 pulg 120 cm.

4.2.2 Diseño de pavimento rígido por método AASHTO 93

Periodo de diseño

Al igual que en el diseño de pavimento flexible, se asumirá un periodo de diseño 20 años, teniendo en cuenta al estudio de tráfico realizado.

Índice de serviciabilidad

En el diseño del pavimento se elige la serviciabilidad inicial P_i y final P_t , se adoptan según la recomendación por el AASHTO.

$P_i = 4.5$ para pavimentos rígidos

$P_t = 2.0$ para vías secundarias

Factor de Confiabilidad

Se adopta un nivel de confiabilidad de $R = 0.75$ para el tipo de camino local en zona urbana según la tabla 49. Obteniendo una desviación estándar $Z_R = -0.674$ según la tabla 50.

Error estándar combinado (So)

Se asume el valor de $S_o = 0.35$, basado en el desarrollo de la carretera experimental efectuada por la AASHTO para pavimentos rígidos.

Coefficiente de drenaje (Cd)

Se adopta el coeficiente de drenaje para pavimentos flexibles de la figura 34. En consideración de base con material granular, similar al de sub-base tienen una buena capacidad de drenaje, en la zona de estudio presenta lluvias en mes de diciembre, enero, febrero marzo y en abril, si considera más del 25% del año, la estructura del pavimento estarán expuestas a nivel de humedad, por lo que se han determinado el coeficiente de drenaje 30% bueno en $m_2 = m_1 = 1.0$

Tránsito (ESALs)

CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES PAVIMENTO RÍGIDO (ESAL)				
TIPO DE VEHÍCULOS	IMDA 2023	CARGA DE VEH. EJE	EJE EQUIVALENTE (EJE 8.2 TN)	F. IMDA
AUTOS, CAMIONETAS Y COMBIS	475	1	0.00	0.21
	475	1	0.00	0.21
B2	6	7	1.27	7.63
	6	10	2.26	13.53
>=B3	5	7	1.27	6.01
	5	16	2.13	10.08
C2	38	7	1.27	48.80
	38	10	2.26	86.49
C3	9	7	1.27	11.56
	9	16	2.13	19.38
C4	5	7	1.27	6.48
	5	21	2.62	13.34
T2S1	1	7	1.27	1.62
	1	10	2.26	2.87
	1	10	2.26	2.87
T2S2	1	7	1.27	1.62
	1	10	2.26	2.87
	1	16	2.13	2.71
T2S3	2	7	1.27	2.54
	2	10	2.26	4.51
	2	23	3.07	6.13
3S1	0	7	1.27	0.00
	0	16	2.13	0.00
	0	10	2.26	0.00
3S2	0	7	1.27	0.00

	0	16	2.13	0.00
	0	16	2.13	0.00
>= 3S3	6	7	1.27	7.86
	6	16	2.13	13.18
	6	23	3.07	18.94
2T2	0	7	1.27	0.00
	0	10	2.26	0.00
	0	10	2.26	0.00
	0	10	2.26	0.00
2T3	0	7	1.27	0.00
	0	10	2.26	0.00
	0	10	2.26	0.00
	0	16	2.13	0.00
3T2	0	7	1.27	0.00
	0	16	2.13	0.00
	0	10	2.26	0.00
	0	10	2.26	0.00
>= 3T3	0	7	1.27	0.00
	0	16	2.13	0.00
	0	10	2.26	0.00
	0	16	2.13	0.00
		f. IMDA		291.44
DIAS DEL AÑO	365		r %	3
FACTOR DIRECCIONAL	0.5		n°	20
FACTOR CARRIL	0.8	ESAL	1'143333.641	

$$ESAL = (EF \cdot IMDA) * 365 * DD * DL * \left[\frac{(1+r)^n}{r} - 1 \right]$$

Figura 34: Tránsito del primer año en servicio para pavimento rígido

Fuente: Elaboración de acuerdo guía de AASHTO 93

Módulo de reacción de la subrasante (k)

Según norma NTE CE.010 Pavimentos Urbanos se utiliza el siguiente ábaco en función al valor de CBR de la subrasante.

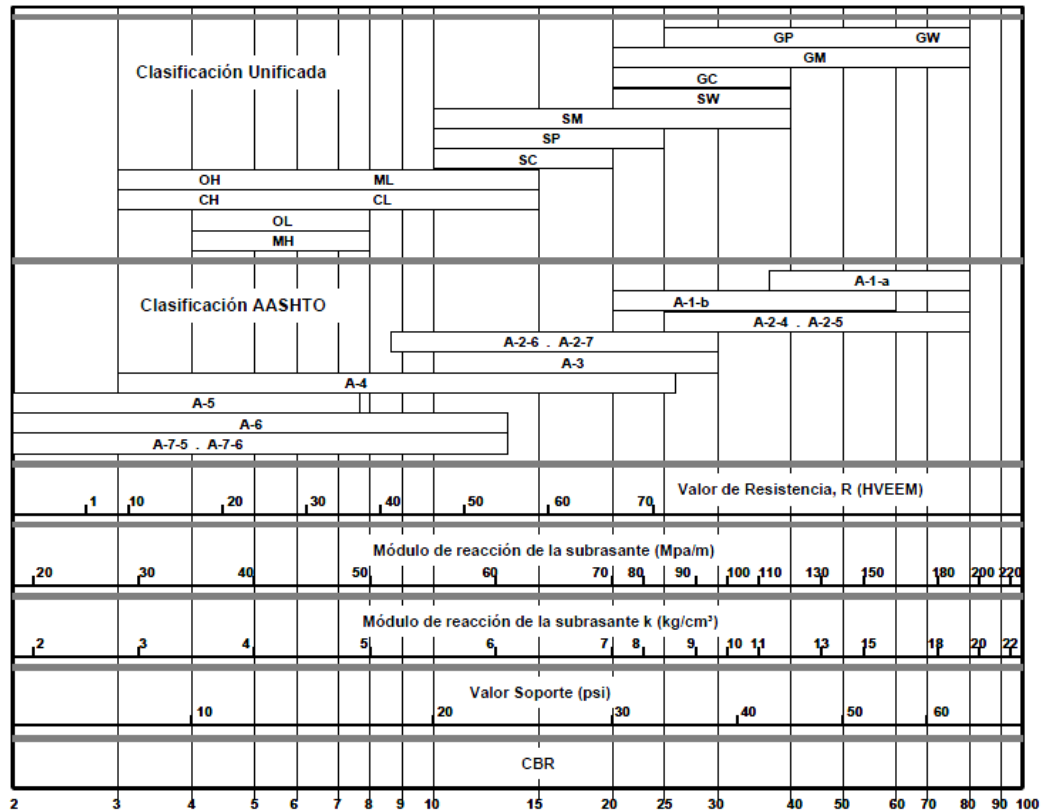


Figura 35: reacción de la subrasante el cálculo Monograma
Fuente: AASHTO 93

Según La figura, para un valor de CBR=7.18%, la reacción de la subrasante, se obtienen aproximadamente $k=112$ Mpa/m.

EAL de diseño

Del estudio de tráfico y cargas se obtuvo el siguiente resultado:

Determinación del módulo resiliente de la subrasante

El módulo resiliente de diseño de la subrasante se define utilizando los valores de la siguiente tabla de percentil del diseño (%) en relación al nivel de tráfico ya obtenido.

Tabla 40. Número Percentil del CBR en base al EAL

Nivel de tráfico (EAL)	Percentil de diseño (%)
10^2 o menos	60
Entre 10^4 y 10^5	75
10^6 o menos	87.5

Fuente. Tomado del Instituto del Asfalto (1991)

$$Mr = 1500 \times \text{CBR} \quad (\text{CBR} < 10\%)$$

$$Mr = 3000 \times \text{CBR}^{0.65} \quad (7.2\% < \text{CBR} < 20\%)$$

$$Mr = 4326 \times \ln(\text{CBR}) + 241$$

$$Mr = 10775.19 \text{ psi}$$

Módulo elástico del concreto (E_c):

Resistencia a compresión del C (f'_c) = 210 kg/plg²

$$E_c = 57000 * \sqrt{f'_c} \quad \dots \dots \text{Ecuación N}^\circ 14$$

Módulo de elasticidad del concreto: $E_c = 826008.47 \text{ Psi}$

Coefficiente de drenaje: $C_d = 1$ (buena calidad de drenaje)

Módulo Resiliente de la Subrasante (MR): 10775.19

Tabla 41. Valores típicos de factores de pérdida de soporte para varios tipos de materiales

Tipo de Material	Pérdida de Soporte (LS)
Base Granular Tratada con Cemento ($E=1\ 000\ 000$ a $2\ 000\ 000$ lb/pulg ²)	0.0 a 1.0
Mezclas de Agregado y Cemento ($E=500\ 000$ a $1\ 000\ 000$ lb/pulg ²)	0.0 a 1.0
Base Tratada con Asfalto ($E=350\ 000$ a $1\ 000\ 000$ lb/pulg ²)	0.0 a 1.0
Mezclas Estabilizadas con Materiales Bituminosos ($E=40\ 000$ a $300\ 000$ lb/pulg ²)	0.0 a 1.0
Mezclas Estabilizadas con Cal ($E=20\ 000$ a $70\ 000$ lb/pulg ²)	1.0 a 3.0
Materiales Granulares No Aglomerados ($E=15\ 000$ a $45\ 000$ lb/pulg ²)	1.0 a 3.0
Materiales de Grano Fino o Subrasante Natural ($E=3\ 000$ a $40\ 000$ lb/pulg ²)	2.0 a 3.0

Materiales de Grano Fino o Subrasante Natural $E = 2000 \text{ psi (lb/plg}^2\text{)}$ módulo balasto compuesto para reacción de la sub rasante Sólo se cuenta con dos ensayos de CBR, obtenidos en laboratorio:

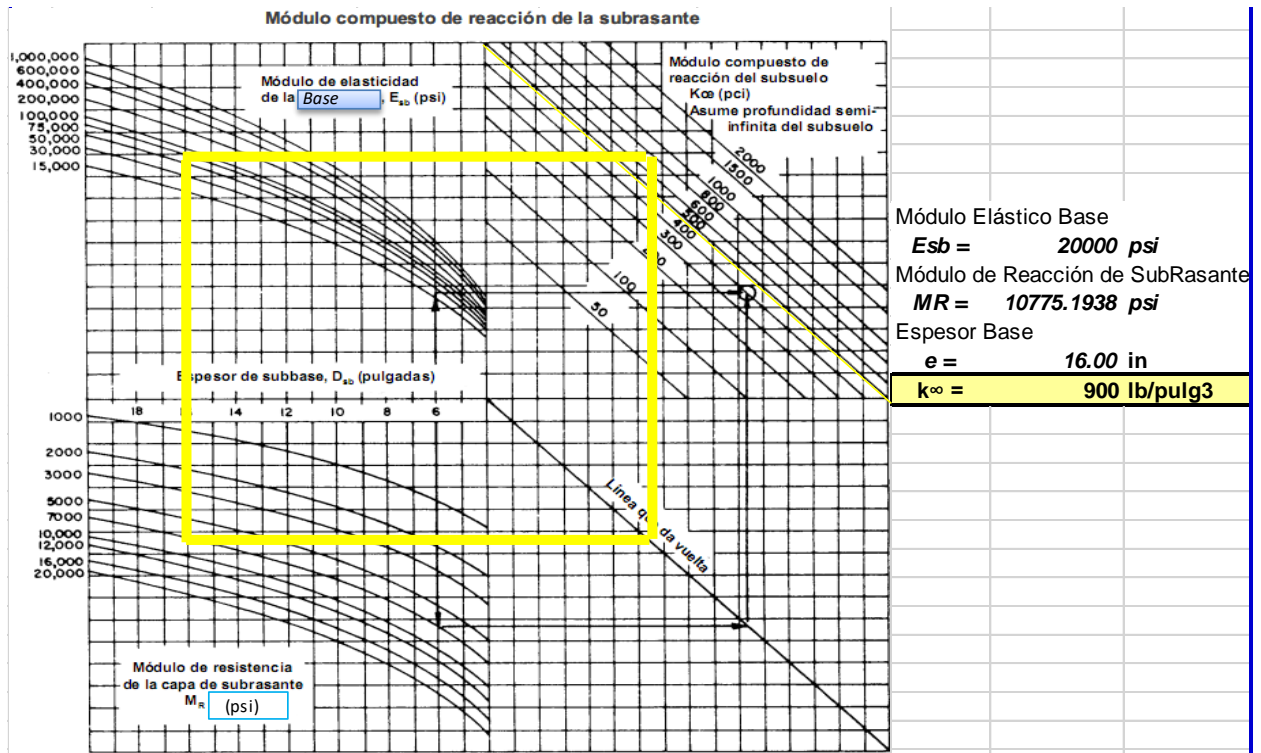


Figura 36: Módulo Compuesto de Reacción de la Subrasante (Módulo Balasto Compuesto)

Fuente: elaboración propia

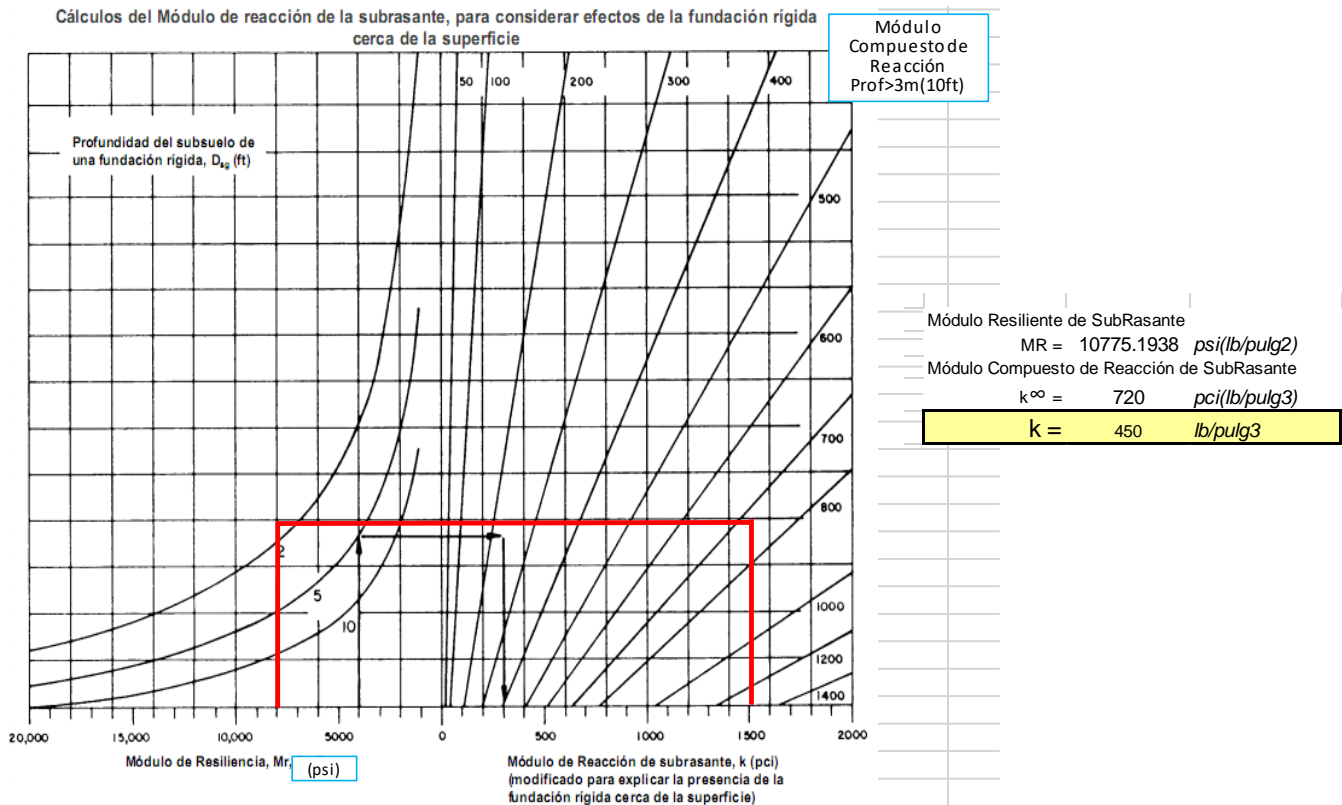


Figura 37: Considerando efectos de fundación rígida cerca de la superficie.
 Fuente: elaboración propia

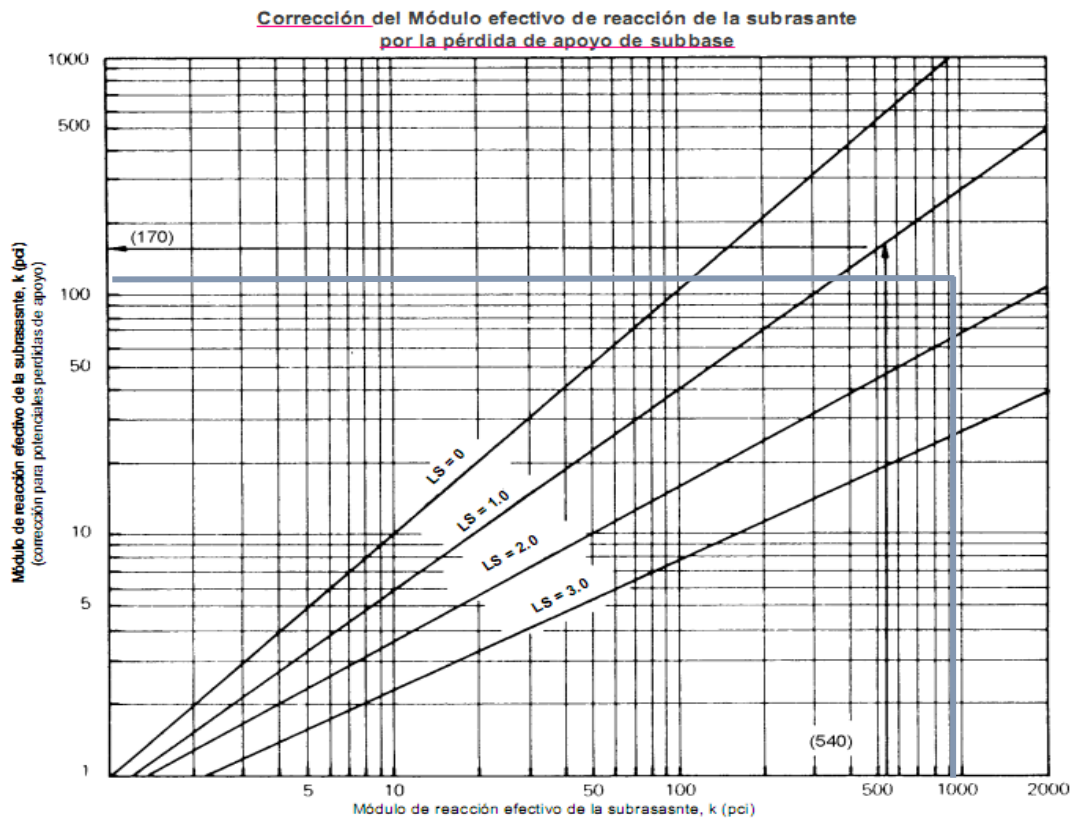


Figura 38: Corrección del Módulo Efectivo de Reacción de Subrasante:
 Fuente: Elaboración propia

Factor de Pérdida de Apoyo de Subbase: LS= 2.5
 Módulo de Reacción Compuesto "Efectivo" de Subrasante: 720
 Módulo de Reacción Compuesto "Efectivo" de Subrasante: Mk (Corregido) = 55 pci
 (lb/pulg³)

Diseño del pavimento

Para el diseño, tenemos los siguientes datos:

K = 55 PCI
 Ec = 3,115,202.0 PSI
 So = 0.39
 R = 70% (Zr = -0.524)
 2.5
 W18 = 1,143,333.64
 MR = 10775.1938 PSI
 ΔPSI =
 Módulo Ruptura
 (Sc) = 412.23 PSI
 J = 3.6
 Cd = 1

Figura 39: Ecuación AASHTO 93
 Fuente: Elaboración propia

Obtenemos el espesor de los pavimentos de concreto:

Tabla 42. Tasa Anual de Crecimiento del Tránsito

Periodo de Diseño Años (n)	Tasa Anual de Crecimiento, en %						
	2	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.15	4.64
5	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	12.17	13.43	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

Fuente: Instituto del asfalto de los (EUA, 1993)

El flujo vehicular sobre el carril de diseño, para el cálculo de porcentaje de cambios

Tabla 43. Porcentaje de camiones en el carril de diseño

N° de carriles en ambas direcciones	% de camiones en el carril de diseño
2.00	50
4.00	45
6 ó más	40

Fuente: Instituto del asfalto de los (EUA, 1993)

Tabla 44. *Espesores de superficie de concreto asfáltico en bases granulares sin estabilizar*

Nivel tránsito en ejes equivalentes	Condición Tránsito	Espesor mínimo de carpeta asfáltica en CM
Hasta 10,000	Ligero	7.5 (2)
Entre 10,000 y 1'000,000	Mediano	10
Mayor de 1'000,000	Pesado	12.5 ó más

Fuente: Instituto del asfalto de los (EUA, 1993)

Presión de contacto = $0.9 \times 100 = 90.00$ Psi.

Factor de contacto de llantas = 1.4

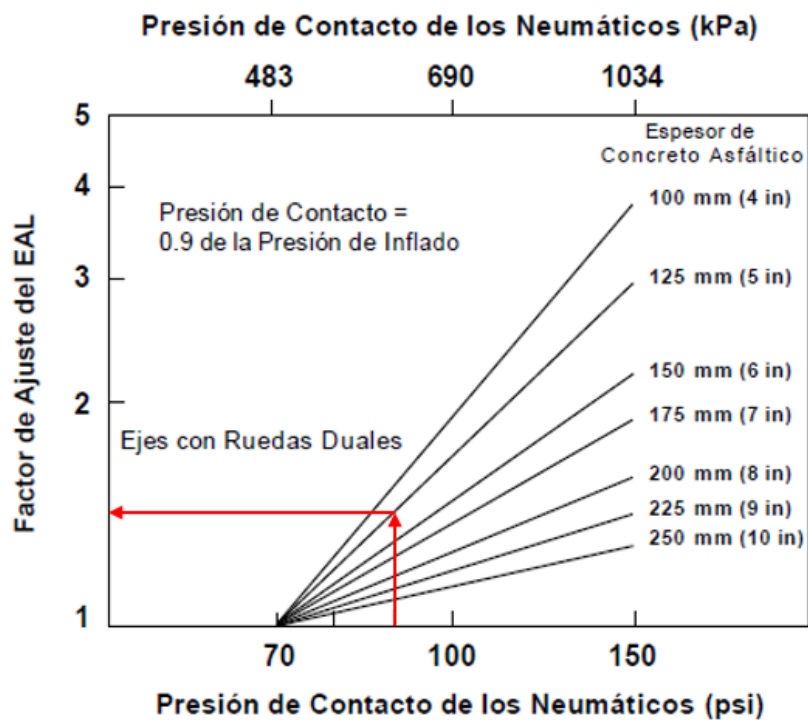


Figura 41: Factor de ajuste de los ejes equivalentes por presión de llanta

Fuente: Instituto del asfalto de los (EUA, 1993)

ESAL's de diseño = 969,936.166

Factor de Dirección = 0.45

Factor de contacto de llantas = 1.4

$0.45 \times 1.4 \times 969,936.166 = 611,059.79$ de ejes equivalentes

Por lo tanto, lo dejamos en 611,059 de ejes equivalentes

Calcular el módulo de resiliencia (Mr.) de la subrasante.

CBR = 7.18

Mr (Mpa) $3000 \times \text{CBR}$

Mr (Mpa) 3000×7.18

Mr (Mpa) 21540

Resultados:

ESAL's de por carril de Tránsito: 611,059 que es igual 6.1×10^5 y el Mr. es igual a 2.1×10^3

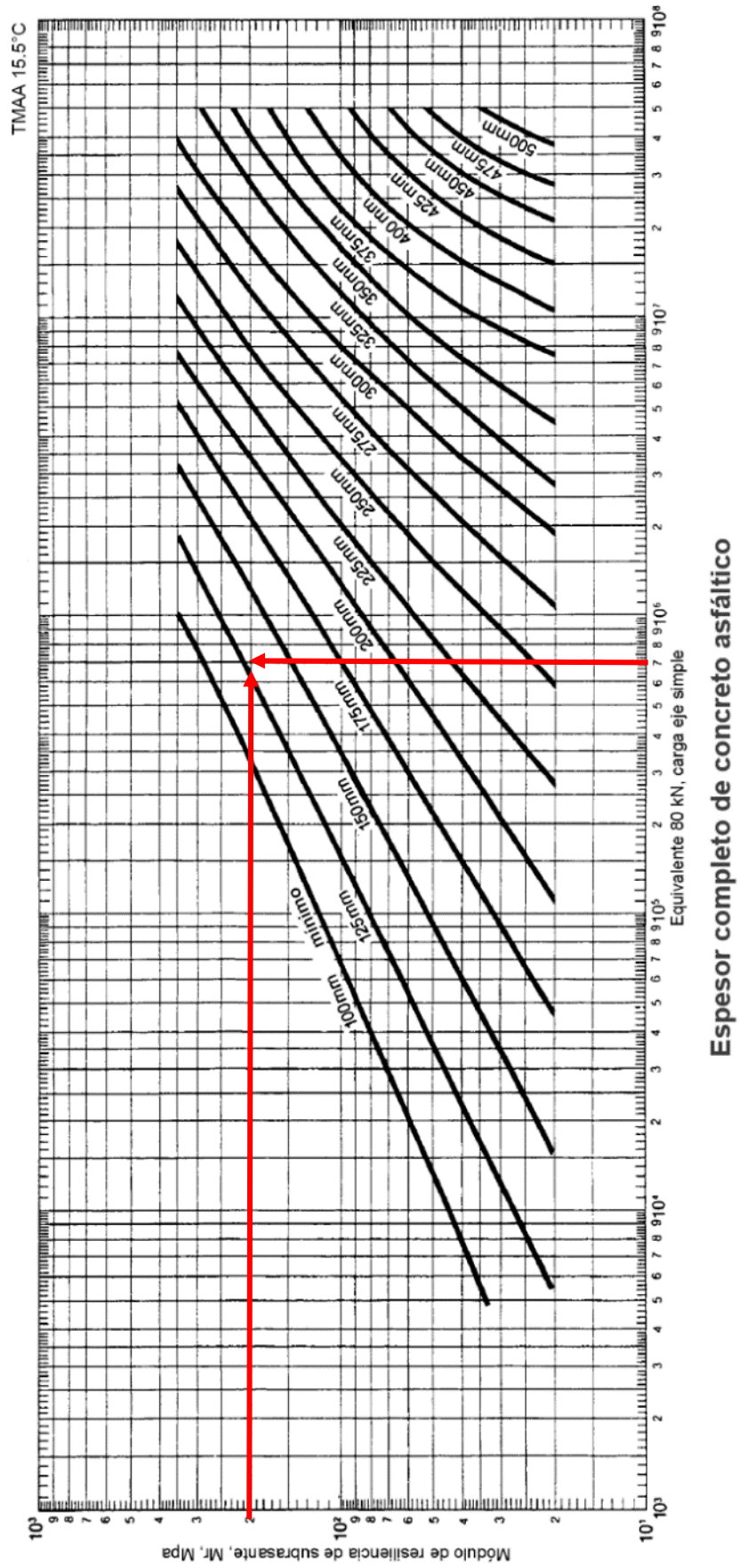


Figura 42: Ábaco para determinar el espesor del pavimento completo de concreto asfáltico

Fuente: (AASHTO, 1993)

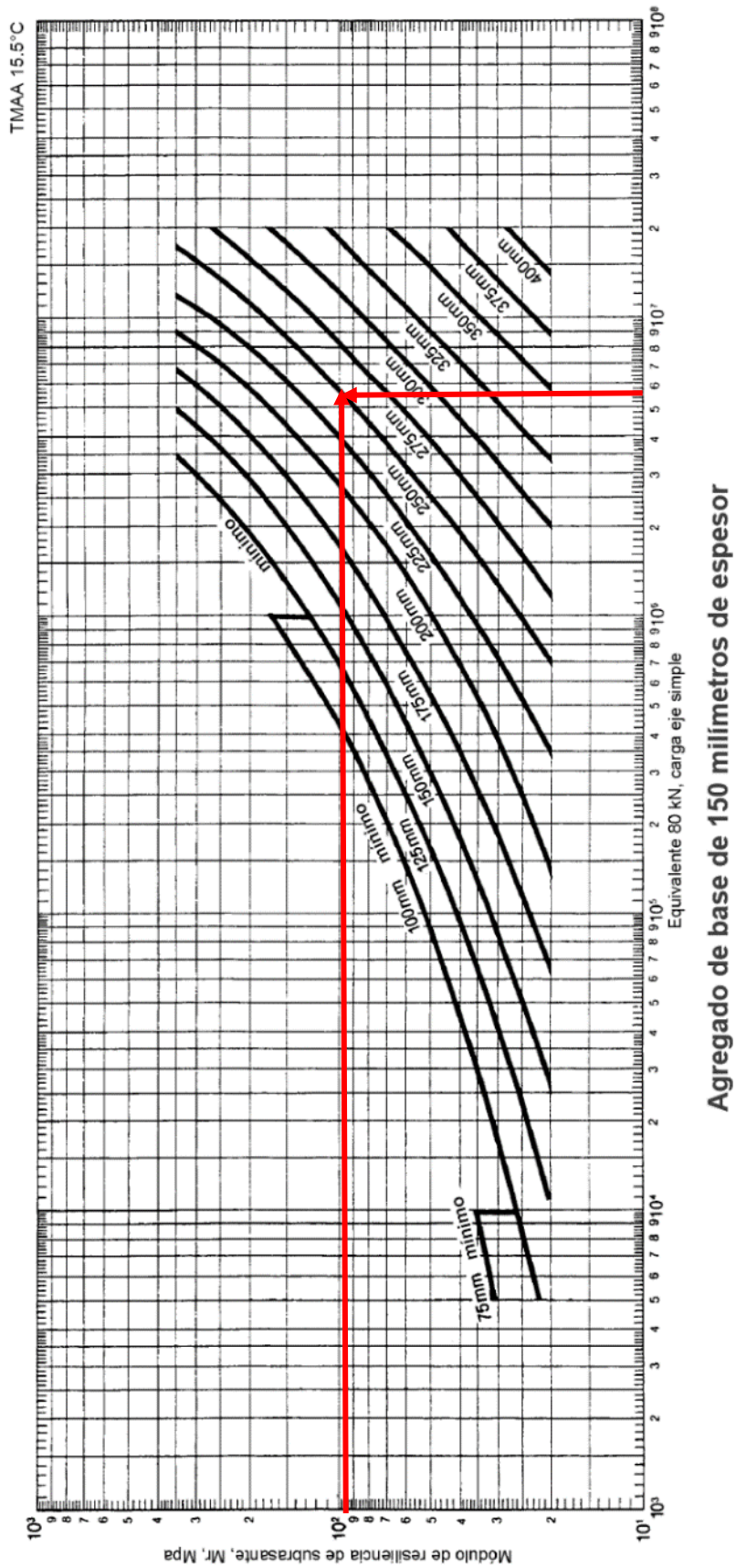


Figura 43: Ábaco para determinar el espesor de la capa asfáltica considerando un agregado de base de 150 milímetros de espesor. De espesor.
Fuente: (AASHTO, 1993)

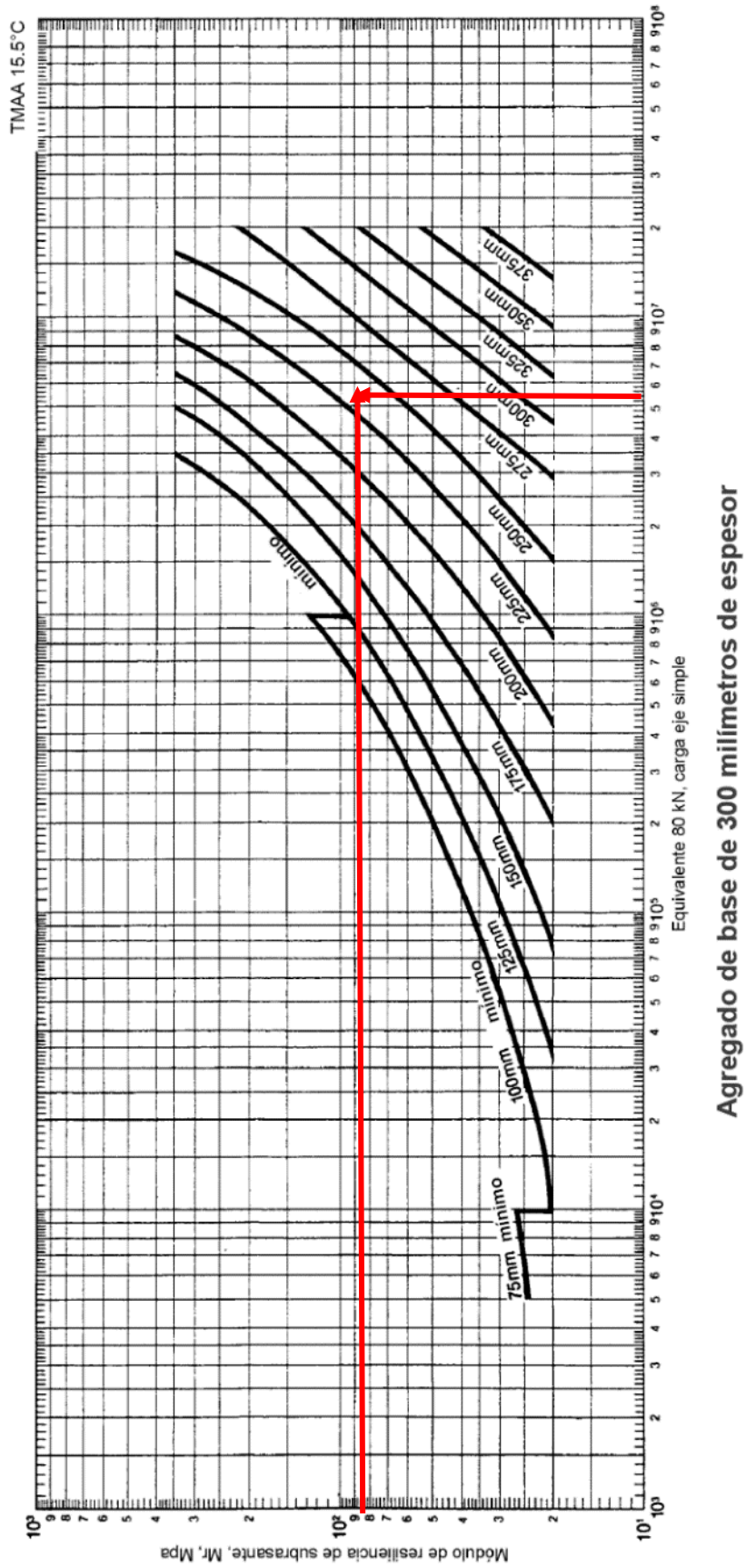


Figura 44: Ábaco para determinar el espesor de la capa asfáltica considerando un agregado de base de 300 mm de espesor.
Fuente: (AASHTO, 1993)

Tabla 45. Espesores de la estructura de pavimento flexible.

Capas	Espesores
Capa de Rodadura	13 CM
Capa de Base	27 CM
Capa de Subbase	24 CM

Fuente: Elaboración Propia

4.2.4 Diseño geométrico de la vía

A. Parámetros vinculados a la clasificación de vías urbanas

La velocidad de diseño según “manual de diseño geométrico de vías urbanas 2005”, control de accesos, características del flujo, servicio a propiedades adyacentes, transporte público número de carriles, y estacionamiento, si pueden observar en la siguiente tabla (Loayza, 2005).

ATRIBUTOS Y RESTRICCIONES	VÍAS EXPRESAS	VÍAS ARTERIALES	VÍAS COLECTORAS	VÍAS LOCALES
Velocidad de Diseño	Entre 80 y 100 Km/hora Se registrará por lo establecido en los artículos 160 a 168 del Reglamento Nacional de Tránsito (RNT) vigente.	Entre 50 y 80 Km/hora Se registrará por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 40 y 60 Km/hora Se registrará por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 30 y 40 Km/hora Se registrará por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.
Características del flujo	Flujo ininterumpido. Presencia mayoritaria de vehículos livianos. Cuando es permitido, también por vehículos pesados. No se permite la circulación de vehículos menores, bicicletas, ni circulación de peatones.	Debe minimizarse las interrupciones del tráfico. Los semáforos cercanos deberán sincronizarse para minimizar interferencias. Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos, correspondiendo el flujo mayoritario a vehículos livianos. Las bicicletas están permitidas en ciclovías	Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos y el flujo es interrumpido frecuentemente por intersecciones a nivel. En áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Se permite el tránsito de bicicletas recomendándose la implementación de ciclovías.	Está permitido el uso por vehículos livianos y el tránsito peatonal es irrestricto. El flujo de vehículos semipesados es eventual. Se permite el tránsito de bicicletas.
Control de Accesos y Relación con otras vías	Control total de los accesos. Los cruces peatonales y vehiculares se realizan a desnivel o con intercambios especialmente diseñados. Se conectan solo con otras vías expresas o vías arteriales en puntos distantes y mediante enlaces. En casos especiales, se puede prever algunas conexiones con vías colectoras, especialmente en el Área Central de la ciudad, a través de vías auxiliares	Los cruces peatonales y vehiculares deben realizarse en pasos a desnivel o en intersecciones o cruces semaforizados. Se conectan a vías expresas, a otras vías arteriales y a vías colectoras. Eventual uso de pasos a desnivel y/o intercambios. Las intersecciones a nivel con otras vías arteriales y/o colectoras deben ser necesariamente semaforizadas y considerarán carriles adicionales para volteo.	Incluyen intersecciones semaforizadas en cruces con vías arteriales y solo señalizadas en los cruces con otras vías colectoras o vías locales. Reciben soluciones especiales para los cruces donde existían volúmenes de vehículos y/o peatones de magnitud apreciable	Se conectan a nivel entre ellas y con las vías colectoras.
Número de carriles	Bidireccionales: 3 o más carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 2 ó 3 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 ó 3 carriles Bidireccionales: 1 ó 2 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 carriles Bidireccionales: 1 carril/sentido
Servicio a propiedades adyacentes	Vías auxiliares laterales	Deberán contar preferentemente con vías de servicio laterales.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio generado.
Servicio de Transporte público	En caso se permita debe desarrollarse por buses, preferentemente en " Carriles Exclusivos " o " Carriles Solo Bus " con paraderos diseñados al exterior de la vía.	El transporte público autorizado debe desarrollarse por buses, preferentemente en " Carriles Exclusivos " o " Carriles Solo Bus " con paraderos diseñados al exterior de la vía o en bahía.	El transporte público, cuando es autorizado, se da generalmente en carriles mixtos, debiendo establecerse paraderos especiales y/o carriles adicionales para volteo.	No permitido
Estacionamiento, carga y descarga de mercaderías	No permitido salvo en emergencias.	No permitido salvo en emergencias o en las vías de servicio laterales diseñadas para tal fin. Se registrará por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento de vehículos se realiza en estas vías en áreas adyacentes, especialmente destinadas para este objeto. Se registrará por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento está permitido y se registrará por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente

Figura 45: Clasificación de Vías Urbanas su parámetro vinculado para el diseño.

Fuente: cap. 02, Manual de diseño geométrico de vías urbanas – 2005.

B. Criterios básicos del diseño geométrico

- **Velocidad directriz o de diseño**

Para el diseño la velocidad de directriz con la seguridad sobre una sección determinada en la vía será máxima. Para prevalecer las condiciones de diseño.

Para el proyecto de tesis se trabajó con la velocidad de acuerdo a la norma de diseño de 30 km/m. tomado en consideración de la tabla 46 que son para vías locales.

- **Visibilidad**

La distancia de visibilidad es de 30 metros indica la velocidad directriz que tiene que ser 30 km/h, que indica en la tabla 46.

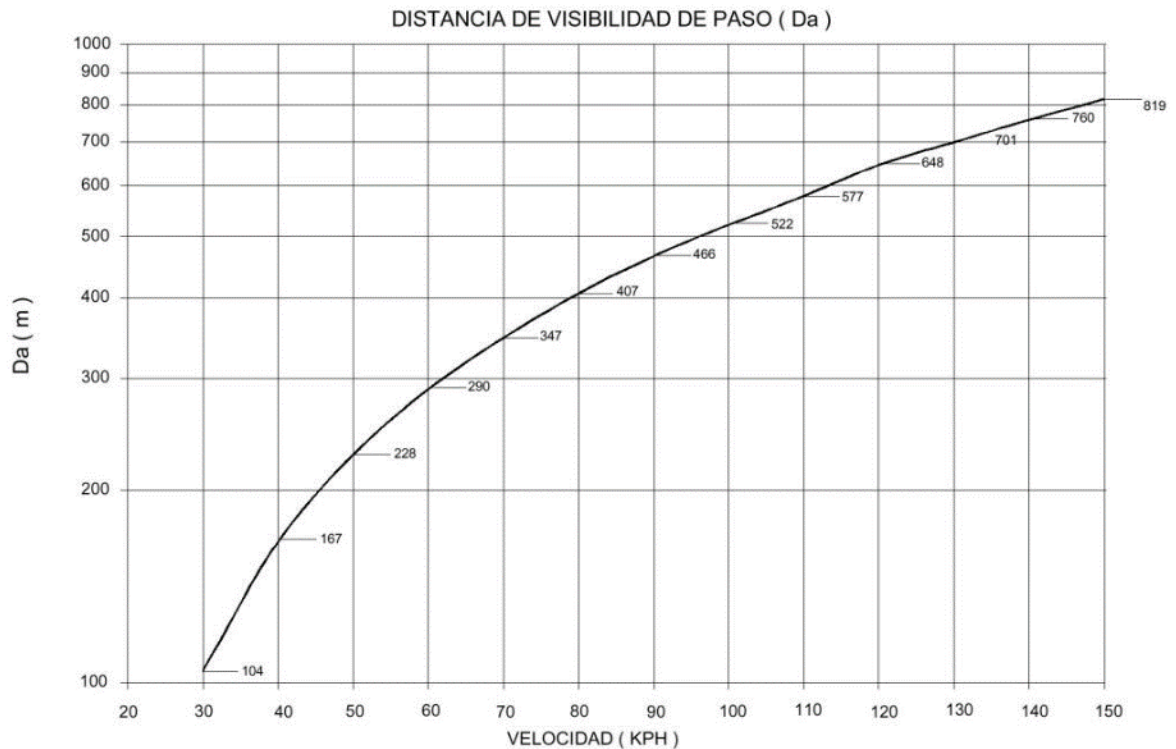
Tabla 46. *La velocidad de diseño respecto a parada de visibilidad.*

Velocidad de Diseño (km/h)	Distancia (m)
30	30
40	45
50	63
60	85
70	111
80	140
90	469
100	205
110	247
120	286

Fuente: Manual De Diseño Geométrico De Vías Urbanas – 2005

Distancia de visibilidad de paso

La distancia de paso con respecto a la velocidad de directriz se determina utilizando en la siguiente figura según la cual la distancia de visibilidad de paso es de 110 m, que se tomará para el proyecto tesis.



V (kph)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Da (m)	110	170	230	290	350	410	470	530	580	650	700	760	820

Figura 46: Distancia de Visibilidad de Paso (Da) respecto a la Velocidad de diseño
Fuente: (EG-2013)

- **Diseño geométrico longitudinal**

- ✓ **Alineamientos rectos**

Las vías urbanas trazadas son los alineamientos rectos que ofrecen la orientación entre otras, por las características y condiciones son alineaciones rectas con el derecho de la vía, a su vez es posible decidir sobre las mismas, en las zonas de habitacionales, y tienen las restricciones de velocidades, la técnica es insertar trazados curvos para que puedan controlar la velocidad (Loayza, 2005).

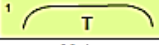
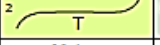
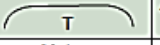

VELOCIDAD DIRECTRIZ		LONGITUD MINIMA DE TANGENTES PARA EL DISEÑO GEOMETRICO			
		EXPRESAS Y ARTERIALES		COLECTORAS Y LOCALES	
		1 	2 	3 	4 
Km/h	m/s	Metros	Metros	Metros	Metros
30	8.33	—	—	15	20
40	11.11	—	—	20	25
50	13.88	35	50	25	30
60	16.66	45	60	30	35
80	22.22	60	80	—	—

Figura 47: Alineamientos Rectos

Fuente: Manual De Diseño Geométrico De Vías Urbanas – 2005

De la figura 47 anterior se obtiene la longitud mínima de tangentes para el diseño geométrico, en el proyecto se utilizará los valores que corresponden a la velocidad directriz de 30 Km/h. que varía entre 15 y 20 metros.

✓ Pendiente

Por problemas de drenaje está gobernada las pendientes, el bombeo de la calzada es 2 por ciento puede aceptarse las pendientes mínimas de 0.30%, pendiente mínima 0.5% para el caso de bombeo.

✓ Curvas horizontales

En La tabla 47 se puede ver valores de radios mínimos y peraltes máximos para su diseño de carreteras, valores que dependen de la velocidad directriz. De la cual se ha podido obtener, para una velocidad directriz de 30 Km/h en nuestro proyecto, un radio mínimo de 35 m y un peralte máximo de 4 %.

Tabla 47. Radios Mínimos.

V(Km/hr)	Coef. Fricción Transversal f Max	Valor Real de R Mínimo con p Max deseable		Valor práctico de R mínimo con p Max deseable	
		p Max 4%	p Max 6%	p Max 4%	p Max 6%
		20	0.18	14.32	13.12
30	0.17	33.75	30.81	35	30
40	0.17	59.99	54.78	60	55
50	0.16	98.43	98.48	100	90

60	0.15	149.19	134.98	150	135
70	0.14	214.35	192.91	215	195
80	0.14	279.97	251.97	280	250
90	0.13	375.17	335.68	375	335
100	0.12	492.13	437.45	490	435
110	0.11		560.44		560
120	0.09		755.91		755
130	0.08		950.51		950

Fuente: Cuadro 8.2.2 del Manual De Diseño Geométrico De Vías Urbanas – 2005

✓ Diseño geométrico transversal

En la siguiente figura 48, se puede observar un esquema de sección transversal de la vía. Del Jr. Abraham Valdelomar, las veredas son de ancho 1.63 ambos lados, se ha adoptado un ancho de calzada de 8.74 m. (incluye cunetas de 0.37 m. ambos lados). En diseño estructural de carpeta asfáltica es de 0.13 m, base granular = 0.27 m. sub base granular 0.24 m. capa sub rasante o mejoramiento de subrasante = 1.20 m.

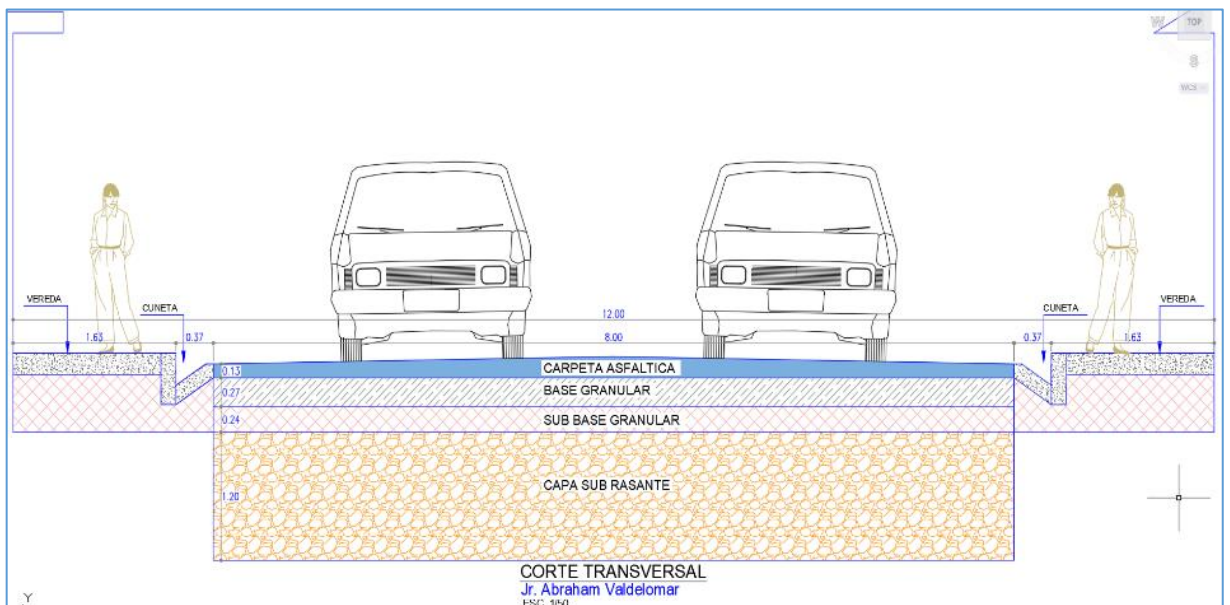


Figura 48: Sección típica Transversal,
Fuente: (Elaboración Propia).

En el cuadro 48, en Manual de Diseño geométrico en la sección 10.2 se adopta ancho de carril.

Tabla 48. Ancho de Carril.

Clasificación de vías	Velocidad (Km/Hr)	Ancho Recomendable	Ancho Mínimo de Carril en Pista Normal (Mts) (2, 3)	Ancho Mínimo de Carril único del tipo Solo Bus (Mts)	Ancho de dos carriles juntos (mts) (5)
Local	30 A 40	3.00	2.75	3.50 (4)	6.50
	40 A 50	3.30	3	3.50 (4)	6.50
Colectora	50 A 60	3.30	3.25	3.5	6.75
	60 - 70	3.50	3.25	3.75	6.75
	70 - 80	3.50	3.5	3.75	7.00
Arterial	80 -90	3.60	3.5	3.75	7.25
	90 - 100	3.50	3.5	No aplicable	No aplicable
Expresas					

Fuente: Cuadro 10.2.1 del Manual De Diseño Geométrico De Vías Urbanas – 2005.

✓ **Bombeo**

En el siguiente cuadro, se muestra el Bombeo en la Calzada.

Tabla 49. Bombeo de la Calzada.

Ancho Mínimo de Carril en Pista Normal (Mts) (2, 3) 2.75	Bombeo %	
	Precipitación < 500 mm/año	Precipitación > 500 mm/año
Pavimento superior	2.0	2.5
Tratamiento superficial	2.50 (1)	2.5 - 3.0
Afirmado	3.0 - 3.5 (1)	3.0 - 4.9

Fuente: Cuadro 10.3.1 del Manua De Diseño Geométrico de vías Urbanas – 2005.

CAPITULO V.

DISCUSIÓN

5.1. Comparación técnica

Se realiza análisis estructural técnico comparativo de resultados de los pavimentos flexible y rígido con los resultados obtenidos en el laboratorio y en gabinete los cálculos estructurales.

5.1.1 Comparación de espesores y distribución de cargas

En esta parte se realiza un enfoque sobre el comportamiento estructural de los espesores obtenidos de acuerdo al diseño empleado de las capas de los dos tipos de pavimentos que estamos comparando, así como otros aspectos técnicos que influyen.

Para el pavimento flexible.

En pavimento flexible se obtuvo capas de rodadura de 13 cm en ambos carriles tanto con tráfico pesado y ligero, bases granulares de 27 cm, 24 cm y mejoramientos de subrasante, para tráfico pesado y ligero respectivamente; así como también sub bases granulares de 27 cm y 24 cm para tráfico pesado y ligero respectivamente.

Como se ve el pavimento flexible está compuesto por varias capas y distribuye la carga en una menor área, el esfuerzo es transmitido por las cargas actuantes en forma gradual a través de las capas inferiores lo cual trae como consecuencias tensiones en la subrasante.

A medida que aumenta la profundidad donde descarga la carga, lo mismo se distribuye sobre un área mayor tensión se produce en la superficie; como se mencionó esta tensión disminuye a medida que aumenta la profundidad. Cumplen una función estructural las capas del pavimento flexible.

Tabla 50. *Resumen de espesor de pavimento flexible*

Espesores de pavimento flexible					
Para tráfico pesado	Para tráfico Ligero	Para tráfico pesado	Para tráfico Ligero	Para tráfico pesado	Para tráfico Ligero
Capa de Rodadura		Capa de base		Capa de Sub base	
13 cm		27 cm		24 cm	

Fuente: Elaboración propia

Para el pavimento rígido

Hemos obtenido una capa de pavimento formada por una losa de concreto de 20 cm (carriles con tráfico pesado) y 20 cm (carriles con tráfico ligero). Acompañados por una sub base granular de 40 cm (carriles con tráfico pesado) y 40 cm (carriles con tráfico ligero).

En este tipo de pavimento es la losa de concreto la que trabaja estructuralmente debido a su naturaleza rígida absorbiendo casi en su totalidad los esfuerzos producidos por las cargas actuantes lo que produce una buena distribución de las cargas, dando como resultado tensiones bajas en la subrasante.

La losa podría inclusive colocarse directamente sobre las subrasantes si está compuesto por un suelo de buena calidad o de mala calidad, pero siempre y cuando este sea homogéneo, sino se coloca una base o sub base granular que brinda una superficie uniforme sobre la cual se puede apoyar la losa, tal como hemos hechos para el diseño de este tipo de pavimento en el cual hemos colocado una sub base.

Tabla 51. *Resumen de espesores del pavimento rígido*

Espesores de pavimento rígido			
Para tráfico pesado	Para tráfico Ligero	Para tráfico pesado	Para tráfico Ligero
Capa de Rodadura		Capa de base	
20 cm		40 cm	

Fuente: Elaboración propia

La diferencia del comportamiento estructural entre los tipos de pavimentos analizados los materiales que los componen son distintas y debido a esto también las cargas actuantes se manifiestan de diferentes maneras que se puede visualizar en la siguiente figura 49.

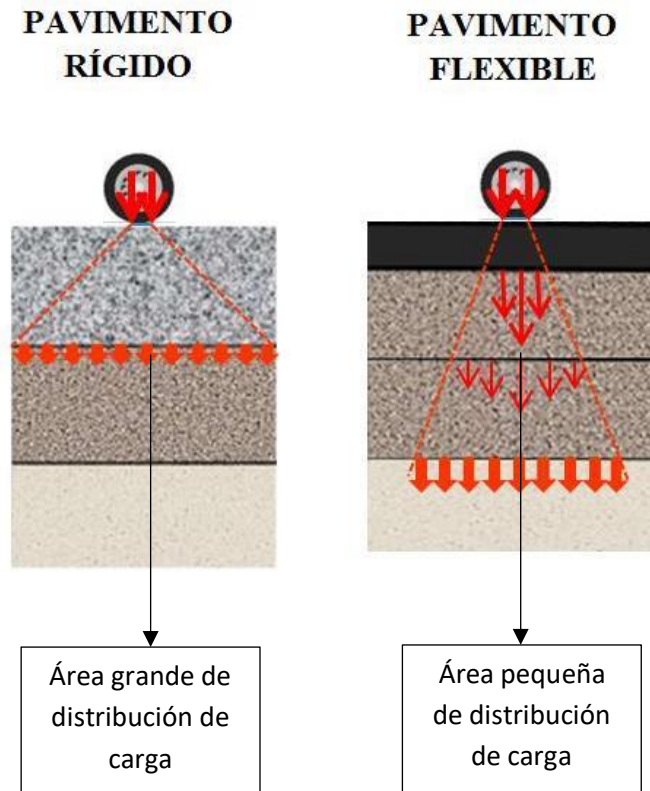


Figura 49: Comparación de la distribución de cargas en pavimentos equivalentes para el Jr. Abraham Valdelomar.

Fuente: Elaboración propia

Como los factores externos influyen en nuestros pavimentos que hemos diseñado y daremos una visión a futuro de cómo se comportan y qué consecuencias tendrá cada tipo de pavimento.

5.1.2 Comparación del periodo de diseño

Periodos de diseño para pavimentos rígidos mayores son con un mínimo de 20 años, lo cual nos indica que este tipo de pavimentos tienden a tener una vida más larga

respecto a los otros. Por lo tanto, el pavimento flexible no suele tener períodos de diseño muy largos.

En nuestro caso para nuestra en Jr. Abraham Valdelomar, estudio ambos pavimentos se han diseñado para el mismo periodo de Diseño, el cual es 20 años, por lo tanto, en esta comparación se muestra una igualdad cualquiera de los tendrá un buen desempeño durante ese periodo de 20 años, aunque por su naturaleza expuesta cuando pase este periodo para el cual fueron diseñados unos se van a deteriorar más que otros.

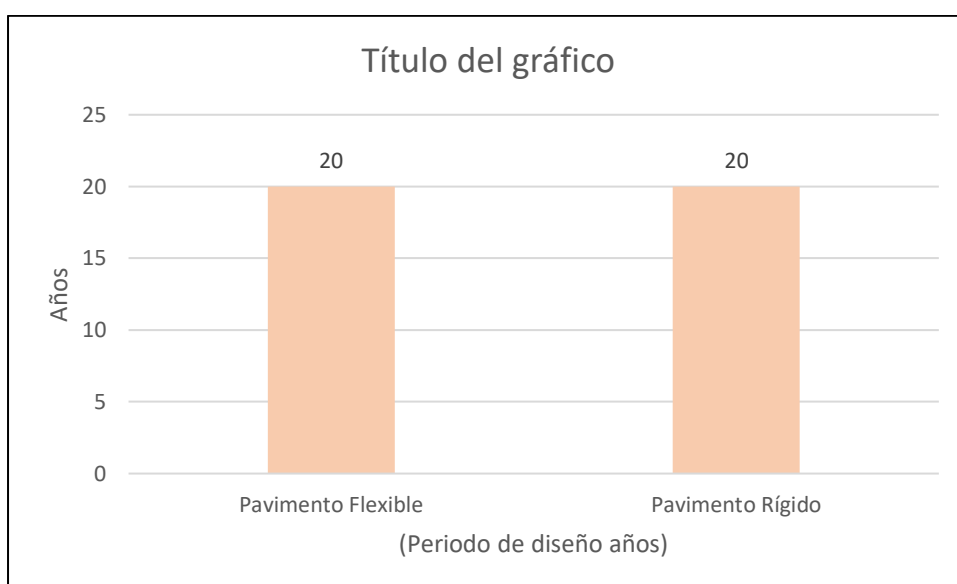


Figura 50: Comparación del periodo de diseño de los pavimentos para el Jr. Abraham Valdelomar.

Fuente: Elaboración propia.

5.1.3 Comparación con los efectos medioambientales

Tabla 52. Comparación de los efectos del agua y la temperatura en los pavimentos flexibles rígido para el Jr. Abraham Valdelomar.

Efectos Ambientales	Pavimento Flexible	Pavimento Rígido

Aguas en los pavimentos	Si está sujeto a la humedad terminará muy deteriorado antes de cumplir su periodo de diseño. Es el más susceptible con el efecto de las lluvias se hará más blando con tendencia a ahuellarse.	Tiene un mejor drenaje superficial respecto a los otros tipos de pavimentos. Los gradientes térmicos producen esfuerzos térmicos que producen el alabeo de las losas que afecta la respuesta ante las cargas de tráfico y por lo tanto la posibilidad de daño por fatiga y descenso de las juntas.
Temperatura en los pavimentos	Afecta el módulo del concreto asfáltico, lo cual a su vez puede generar fatiga y deformación plástica, que cambia sus propiedades. Se hace más sensible al fisuramiento	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53. Comparación de la relación con el medio ambiente entre los pavimentos para el Jr. Abraham Valdelomar.

Pavimentos	Pavimento Flexible	Pavimento Rígido
Relación con el medio ambiente	Al ser colocada la mezcla asfáltica contamina al medio ambiente sea mezclada caliente o fría y también algunos de sus ingredientes son volátiles durante todo su periodo de vida.	Son menos sensibles a los cambios medio ambientales. Se considera que el pavimento sostenible contribuye a mitigar el calentamiento global y por qué tiene el albedo más alto o mayor es la capacidad de reflejar la luz.

Fuente: Elaboración propia

5.1.4 Comparación del tiempo de construcción y apertura al tráfico

En cuestión de capas con materiales granulares como son base y Subbase granular el pavimento rígido tomara ventaja ya que según el diseño necesita solamente una Subbase granular, luego le siguen el pavimento flexible al igual que el pavimento articulado

tomarán su tiempo respectivo para la construcción de base y Subbase granulares, ya que ambos pavimentos tienden a tener una sumatoria de espesores iguales según diseño.

En cuanto a las capas de rodadura la que toma menos tiempo de construir es la del pavimento flexible ya que la carpeta asfáltica en caliente se coloca y posteriormente se compacta y una vez que la temperatura del asfalto se iguala a la temperatura ambiente se puede liberar el tráfico para que transite por la vía, siendo este el segundo pavimento que más rápido me permite circular vehículos sobre sí, quedando solo su posterior colocación de su señalización horizontal (pintura de tráfico).

En cuanto a la apertura del tráfico esta es inmediata y ligeramente más rápida que el pavimento flexible ya que no hay que esperar que el pavimento alcance la temperatura ambiente como sucede con el material asfáltico.

Luego en tercer y último lugar de tiempo de construcción le sigue el pavimento rígido, ya que hay que colocar el encofrado y los pasadores, también el tiempo de esperar el fraguado y entre otras actividades como el texturizado, cortado y sellado de juntas.

Respecto a la apertura del tráfico este puede ingresar al pavimento cuando este haya alcanzado la resistencia mínima considerada en el diseño de mezclas, la apertura puede ser en horas o como suele ser a las dos semanas de curado. De lo cual se deduce que el pavimento rígido es el que más demora en aperturar el tráfico, quedando en último lugar respecto a los otros.

5.1.5 Comparación de la problemática en el mantenimiento

Tabla 54. *Comparación de la problemática en el futuro mantenimiento de los pavimentos para el Jr. Abraham Valdelomar.*

PROBLEMÁTICA EN EL MANTENIMIENTO

En los pavimentos flexibles suelen resecarse las fallas puntuales, pero cuando se hace el recapeo o sello de fisuras, se habilitan rutas alternas y perjudica a los usuarios; por lo tanto, sería una desventaja.

No necesita mucho mantenimiento, por lo tanto, no generará problemas con el flujo de tráfico, recordemos que el Jr. Abraham Valdelomar es la más transitada en el lugar, por lo que interrumpir su tráfico haciendo algún mantenimiento sería un caos vehicular.

Fuente: Elaboración propia

5.1.6 Comparación de los tipos de fallas entre los pavimentos flexible y rígido para el Jr. Abraham Valdelomar.

A continuación, se muestra los tipos de fallas más comunes que podrían tener lugar las alternativas de pavimentación para el Jr. Abraham Valdelomar.

Tabla 55. *Comparación de los tipos de falla entre los pavimentos para el Jr. Abraham Valdelomar*

Pavimento Flexible	Pavimento Rígido
Las fallas son por deformación o fatiga en la subrasante, se observan como fisuras longitudinales en la huella del neumático por fallas por fatiga y con el tiempo no lo arreglan se convierte en fallas piel de cocodrilo, se manifiestan como ahuellamiento las fallas por deformación plástica.	Las fallas típicas en pavimento rígido son por fatiga, los esfuerzos actuantes superan la resistencia de la losa de concreto, se presentan fisuras, con el tiempo se manifiesta como desniveles.

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones del análisis técnico.

El pavimento flexible y rígido debe tener consideración en las propiedades de subrasante, condiciones de tráfico, efectos medio ambientales para su mejor diseño, el pavimento estará sometido durante su vida en servicios a todo tipo de climas.

Tiene por objetivo el diseño de pavimento considerando estructurales y muy importante él funcionales, todos ellos teniendo en cuenta con el reglamento CE-010 (2010),

aplicando una filosofía que resalta un desempeño integral, la elección del mejor tipo de pavimento depende de un análisis costo-beneficio de los dos tipos de pavimentos planteados.

Los niveles de servicio exigidos, ambos pavimentos flexible y rígido satisfacen, con el avance tecnológico en los materiales bituminosos y de concreto, como los métodos constructivos más eficientes. Se recomienda incorporar diseños alternativos de pavimentos flexibles y rígidos en los expedientes técnicos y que la definición se realice en los procesos de licitación del proyecto.

Los diseños finales con las metodologías usadas se muestran continuación

Tabla 56. Espesores final pavimento flexible – método Instituto de Asfalto

CAPA	ESPESOR (PULG)	ESPESOR (CM)
Espesor de carpeta		
asfáltica.	5 pulg	13 cm
Base granular	11 pulg	27 cm
Sub base granular	9.5 pulg	24 cm
Subrasante	47 pulg	120 cm

Fuente: elaboración propia

Tabla 57. Espesores final pavimento rígido – método AASHTO 93

CAPA	ESPESOR (PULG)	ESPESOR (CM)
Espesor de Concreto	8 pulg	20 cm
Capa de Base	16 pulg	40 cm

Fuente: elaboración propia

5.2. Comparación económica

5.2.1 Realización del presupuesto

El objetivo de realizar la comparación económica es debido a la importancia de los costos del pavimento con la mejor rentabilidad. Considerando para aproximarse al enfoque

integral, el análisis debe comprender todos los costos de inversión durante la vida de servicios de pavimento: costos de construcción y mantenimiento.

Realizando el análisis de precios unitarios y comparar los costos de pavimento flexible y rígido diseñado para las mismas condiciones de suelo y tráfico con los métodos de diseño planteados.

- Diseño de pavimentos rígido por el método AASHTO 93.
- Diseño de pavimentos flexible por el método Instituto de Asfalto

El estudio comprende en el Jr. Abraham Valdelomar, urbanización Tambopata, distrito Juliaca Puno. Con las siguientes características del tramo de prueba o estudio.

- Longitud de tramo 541.00 metros.
- Vía de dos sentidos

Para realizar el metrado de las partidas se utilizó como referencia proyectos ejecutados en la Provincia de San Román – Juliaca, para pavimentos flexibles y rígido el proyecto denominado: “Mejoramiento de la infraestructura vial en los jirones san pablo, fray Martin de Porres y Santiago Giraldo tramo (av. Perú - av. Daniel alomias robles) y jirón vilque chico (tramo av. Huancane - av. Tambopata) en la ciudad de Juliaca, provincia de San romano - Puno (segunda etapa) “



Figura 51: Perfil de la vía en estudio
Fuente: elaboración propia – AutoCAD Civil 3d Educacional.

Se realiza el metrado de pavimento flexible y rígido para el tramo de prueba Jr. Abraham Valdelomar, urbanización Tambopata, valores obtenidos en el diseño de la metodología AASHTO, (1993) e Instituto de Asfalto, que se puede ver en el Anexo C 1: costos y presupuestos.

5.2.2 Análisis de rentabilidad

Para la evaluación de la tesis, utilizara la metódica de Costo-efectividad, en jirón que se interviene son mayormente de tránsito peatonal por lo que es relevante la cuantificación y valoración de los costos operativos de los vehículos.

Metodología de costo–efectividad

Hay varios proyectos donde los beneficios son complicados de estimar cuando no hay ingresos en ello, o no pueden ser muy notable para el análisis, cuando debe solucionarse un problema, la relación costo-efectividad es la mejor opción, en estos casos conviene comparar los costos con la efectividad.

$$\frac{C}{E} = \frac{VAC}{IE}$$

Donde CE es el coeficiente Costo-Efectividad; VAC, el valor actual de los costos del proyecto, e IE, el indicador de efectividad (Nassir, 2011).

Horizonte de evaluación de proyecto su definición

Horizonte de evaluación del proyecto comprende 2 fases:

- En fase de inversión donde se realiza estudio definitivo, y la construcción del pavimento propiamente dicho.
- Las actividades propias son operación, mantenimiento y evaluación del proyecto lo cual es durante de 10 años llamado post-inversión.

Considera 10 años de evaluación porque es un proyecto vial y puede deteriorarse a partir de esta.

Tabla 58. *Tráfico generado por tipo de proyecto:*

Tipo de Intervención	% de Tráfico Normal
Mejoramiento	10

Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones - MTC

Análisis de la demanda:

Para la demanda vehicular, se estima la cantidad de carros que pasan en el Jirón, que vienen siendo afectados por el problema de tránsito.

Índice Medio Diario para ello se considera los conteos totales realizados en el jirón Abraham Valdelomar, para poder tener datos y analizar el conteo del tráfico vehicular, se realizó durante 7 días anteriormente.

AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO																									
PROYECTO DE TESIS		"ANÁLISIS COMPARATIVO TÉCNICO - ECONÓMICO ENTRE PAVIMENTO FLEXIBLE Y RÍGIDO POR LOS MÉTODOS INSTITUTO DE ASFALTO Y AASHTO-93, EN JR. ABRAHAM VALDELOMAR, URBANIZACIÓN TAMBOPATA, DISTRITO JULIACA, PROVINCIA SAN ROMÁN - PUNO"																							
TRAMO	JR. ABRAHAM VALDELOMAR															ESTACION	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.								
SENTIDO	E ←														S →	DIA									
UBICACION	URBANIZACIÓN TAMBOPATA, DISTRITO JULIACA, PROVINCIA SAN ROMAN -																			FECHA					
DIA	MOTOS	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER					TRAYLER				TOTAL	Veh/día				
			PICK UP	PICK UP		B2	>=B3	C2	C3	C4	T2S1	T2S2	T2S3	3S1	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3					
DOMINGO	0.00	149.00	30.00	19.00	12.00	10.00	4.00	26.00	19.00	12.00	5.00	3.00	2.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	297.00	Veh/día			
LUNES	43.00	139.00	16.00	23.00	22.00	6.00	4.00	21.00	12.00	7.00	2.00	2.00	4.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	307.00	Veh/día			
MARTES	41.00	182.00	77.00	17.00	16.00	6.00	4.00	25.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	371.00	Veh/día			
MIÉRCOLES	93.00	304.00	155.00	128.00	25.00	3.00	13.00	50.00	6.00	0.00	0.00	2.00	1.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	783.00	Veh/día			
JUEVES	71.00	275.00	92.00	42.00	25.00	4.00	0.00	28.00	6.00	3.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	554.00	Veh/día			
VIERNES	197.00	337.00	71.00	61.00	4.00	1.00	1.00	29.00	3.00	2.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	713.00	Veh/día			
SÁBADO	152.00	244.00	135.00	0.00	14.00	3.00	0.00	32.00	4.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	593.00	Veh/día			
TOTAL	85.29	232.86	82.29	41.43	16.86	4.71	3.71	30.14	7.14	4.00	1.00	1.00	1.57	0.00	0.00	4.86	0.00	0.00	0.00	0.00	516.86				

Figura 52: Determinación del tránsito actual
Fuente: Elaboración propia

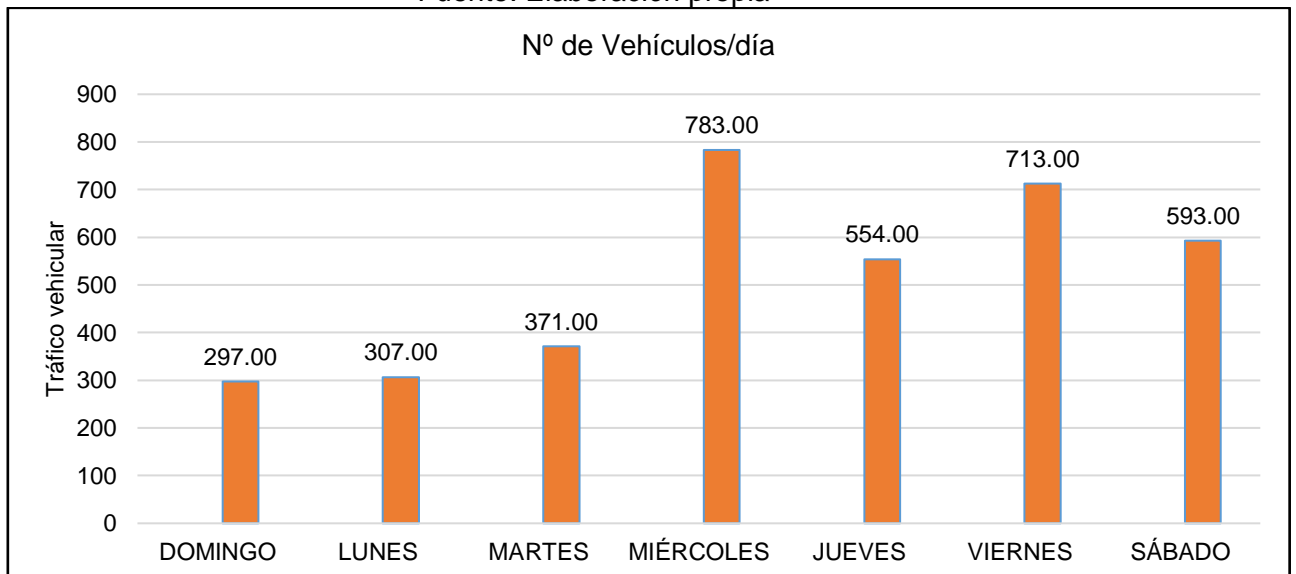


Figura 53: gráfico de determinación del tránsito actual
Fuente: Elaboración propia

Anteriormente se efectuó el cálculo del Índice Medio Diario Anual (IMDA), de 1427 vehículos por día.

Análisis de la oferta:

Oferta sin proyecto

En la actualidad en calle hay oferta como en peatonal y vehicular, brindan una inadecuada y restringida capacidad de transitabilidad de mayor flujo vehicular, como se detalla en la siguiente tabla 59:

Tabla 59. *Caracterización de la vía en estudio sin proyecto*

CARRETERA	TRAMO PRUEBA
1. Características de la Vía y Pavimento	
Longitud (m.)	541
Material de Superficie	Tierra
Ancho de Calzada (m)	12
Estado de Conservación	Malo
Pendiente (%)	No
Bombeo	No
2. Características de las veredas.	
Longitudes	
Tipo de Material de Superficie	Tierra
Estado de conservación	Malo
3. Obras de Arte.	
Cunetas	No tiene
Estado de conservación	-
4. Señalización.	
Estado de Conservación	No tiene
5. Impacto Ambiental	
Zona de Botaderos	No tiene

Fuente: Elaboración propia

Oferta con proyecto

La oferta, Situación con proyecto afecta a necesidades en mejoramiento infraestructura vial, puesta en servicio de las vías con la libertad de circulación peatonal y vehicular, reduciendo los riesgos de accidentes en la vía, la contaminación generada por la polvareda, por lo que se incrementará la satisfacción de los usuarios en general.

Tabla 60. *Caracterización de la vía en estudio con proyecto*

CARRETERA	TRAMO PRUEBA
1. Características de la Vía y Pavimento	
Longitud (m)	541
Tipo de Material de Superficie	Pavimento rígido/flexible
Ancho de Calzada (m)	12
Estado de Conservación	Bueno
Pendiente (%)	0.50%
Bombeo	2%
2. Características - veredas.	
Longitud	1082
Tipo de Material de Superficie	Concreto
Estado de conservación	Bueno
3. Obras de Arte.	
Cunetas	Si
Estado de conservación	Bueno
4. Señalización.	
Estado de Conservación	existe
5. Impacto Ambiental	
Zona de Botaderos	existe

Fuente: Elaboración propia

Balance oferta – demanda

Demanda proyectada, oferta actual muestra que las vías existen un déficit de pavimentación o no hay existe pistas - veredas, donde la vía o la calzada de rodadura es de superficie de tierra afirmada, y se encuentra en mal estado de conservación, por lo que se considera un déficit en el ámbito del proyecto.

Costos a precio de mercado

Metas descritas y en función de las actividades, para su desarrollo de cada parte del proyecto, de cada actividad se valoraron los costos de las alternativas, se incluyen los insumos.

Costos de inversión

El presupuesto se involucra en ambos pavimentos, en las siguientes tablas se ven los costos de inversión de las alternativas del proyecto.

Costos de operación y mantenimiento

Mantenimiento Anual o Rutinario.

Sobre los bienes y servicios son las acciones rutinarias, la infraestructura se ve en buenas condiciones.

Mantenimiento Periódico.

El mantenimiento es cada 3 años que se realizará con las acciones periódicas sobre la infraestructura urbana, para encuentre en buenas condiciones la infraestructura lo cual comprende las obras de reposición, MTC, (2013) indica que los precios de mantenimiento que considera en el siguiente cuadro:

Tabla 61. Costo de mantenimiento con proyecto y sin proyecto.

Descripción	Precios de Mercado	
	Sin Proyecto	
Mantenimiento. Rutinario		1,144.06
Mantenimiento Periódico		1,724.98
	Con Proyecto	
Mantenimiento Rutinario		2,288.12
Mantenimiento Periódico		3,449.96

Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones – MTC

Flujo de costos incrementales

Los costos con proyecto y en la situación costos sin proyecto si definen como la diferencia los costos incrementales lo cual se consideran para todo el horizonte de estimación del proyecto que son de 10 años según (MTC, 2013).

Identificación de beneficios

Beneficios Sin Proyecto.

Si no se logra a realizar la intervención para mejorar las condiciones de transitabilidad como vehicular y peatonal en el Jr. Abraham Valdelomar de la ciudad de Juliaca, a su vez los beneficiarios de las calles, seguirán percibiendo los mismos malestares que ocurre actualmente, significa no tener calzadas ni veredas para un tráfico fluido, sigue estar con la vía no pavimentada que indica el (MTC, 2013).

Beneficios con el Proyecto.

Con el proyecto plantado no obtendrá beneficios monetarios significativos, lo positivo de obtendrá beneficios cualitativos los cuales son la rapidez del servicio de tránsito vehicular según mención del (MTC, 2013).

- Mejorará la transitabilidad de los peatones.
- Mejorará las condiciones de salud de los beneficiarios del área del proyecto.
- Reducirá la concentración de polvareda en las viviendas.
- Disminuye el polvo acumulado para los peatones temporales y permanentes, llevando calidad de vida.

Costos sociales

Se usan los factores de corrección para la obtención de los costos de inversión a precios sociales.

Tabla 62. Factores de corrección.

Obras	Factor
Inversión del proyecto	0.79
Mantenimiento y Operación	0.75

Fuente: (MTC, 2013).

Costos operación y mantenimiento a precios sociales

La parte de formulación se realiza de acuerdo a los costos de operación y mantenimiento, con uso de los factores corrección para determinar los costos a precios sociales.

Costos por alternativa:

Metodología AASHTO 93: Pavimento Flexible

Inversión:

Tabla 63. *Costo pavimento flexible.*

Concepto	Alternativa
Total, de Inversión	S/. 817,201.34
Costo US\$	239894.71
Costo US\$/Km	443.43

Fuente: Elaboración propia

Tipo de Cambio setiembre: 3.2

Costos Mantenimiento en US\$-Km:

Tabla 64. Factores para el costo de mantenimiento.

Descripción	Precios de Mercado
Sin Proyecto	
Mantenimiento Rutinario	1,144.06
Mantenimiento Periódico	1,724.98
Con Proyecto	
Mantenimiento Rutinario	2,288.12
Mantenimiento Periódico	3,449.96

Fuente: (MTC, 2013)

A Precios Sociales:

Tabla 65. *Factores Sociales:*

Obras	Factor
-------	--------

Inversión	0.79
Mantenimiento y Operación	0.75

Fuente: (MTC, 2013)

Costos de Inversión y Mantenimiento a precios privados:

Tabla 66. Costo de inversión y mantenimiento a precios privados - pavimento flexible.

RUBROS	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	Costo	Costo
			Unitario. (S/.)	Anual(s/.)
OPERACIÓN:				1868.12
personal de limpieza	personas	1	105.677	1268.12
materiales de limpieza	global	1	50	600
MANTENIMIENTO:				420
VÍAS				320
Mano de obra	servicio	1	220	220
Materiales	global	1	100	100
VEREDAS				100
Mano de obra	servicio	1	80	80
Materiales	global	1	20	20
TOTAL, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				2288.12

Fuente: Elaboración propia

Costos de Inversión y Mantenimiento a Precios Sociales:

Tabla 67. Tabla de costo de inversión y mantenimiento a precios sociales - pavimento flexible.

RUBROS	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	Costo	Costo	Factor de	Total a
			Unitario. (S/.)	Anual(s/.)	Corrección	Precios Sociales (s/.)
OPERACIÓN:				1868.12		1401.09
personal de limpieza	personas	1	105.677	1268.12	0.75	951.09

materiales de limpieza	global	1	50	600	0.75	450
MANTENIMIENTO:				420		300
VÍAS				320		240
Mano de obra	servicio	1	220	220	0.75	165
Materiales	global	1	100	100	0.75	75
VEREDAS				100		60
Mano de obra	servicio	1	80	80	0.75	60
Materiales	global	1	20	20	0.75	15
TOTAL, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				2288.12		1701.09

Fuente: Elaboración propia

Evaluación Económica:

Tabla 68. Resumen de costos de inversión por actividad pavimento asfáltica

PARTIDA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANT	COSTO UNITARIO (S/.)	TOTAL (S/.)
1.01	OBRAS PROVISIONALES				18547.63
01.01.01	Obras provisionales	glb	1	8600	8600
01.01.02	Trabajos preliminares	glb	1	9947.63	9947.63
1.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				80507.78
01.02.01	Corte y relleno material propio	m3	1	46107.48	46107.48
01.02.02	Relleno con préstamo de cantera	m3	1	34400.3	34400.3
1.03	PAVIMENTOS				443206.03
01.03.01	Chancadora	m3	1	122062.58	122062.58
01.03.02	Sub base granular	m3	1	34810.1	34810.1
01.03.03	Base granular	m3	1	42722.56	42722.56
01.03.04	Imprimado	m3	1	20462.79	20462.79
01.03.05	Colocado de carpeta asfáltica en frío 13.00 cm.	m3	1	210380.4	210380.4
01.03.06	Sello asfáltico	m3	1	12767.6	12767.6
1.04	OBRAS DE DRENAJE Y VEREDAS				274939.9
01.04.01	Construcción de veredas, sardineles y rampas	glb	1	175784.48	175784.48

01.04.02	Obras de drenaje (cunetas)	glb	1	9915 5.42	99155.42
TOTAL, PRESUPUESTO S/.					817201.34

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69. Resumen de costos de inversión por mano de obra calificada, no calificada, materiales y equipos de pavimento asfáltico

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	PRECIO (S/.)	INVERSIÓN (S/.)
COSTOS DIRECTOS				
OBRAS PROVISIONALES				18547.63
Mano de obra calificada	GLB	1	2975.49	2975.49
Mano de obra no calificada	HH	210.23	7.5	1576.73
Materiales y equipos	GLB	1	13995.41	13995.41
MOVIMIENTO DE TIERRAS				80507.78
Mano de obra calificada	GLB	11.87	8.75	103.86
Mano de obra no calificada	HH	627.28	7.5	4704.6
Materiales y equipos	GLB	1	75699.32	75699.32
PAVIMENTOS				443206.03
Mano de obra calificada	GLB	1	8969.19	8969.19
Mano de obra no calificada	HH	3002.94	7.5	22522.05
Materiales y equipos	GLB	1	411714.79	411714.79
OBRAS DE DRENAJE Y VEREDAS				274939.9
Mano de obra calificada	GLB	1	26029.23	26029.23
Mano de obra no calificada	HH	7876.98	7.5	59077.35
Materiales y equipos	GLB	1	189833.32	189833.32
TOTAL, COSTOS DIRECTOS				817201.34
TOTAL, COSTOS DE INVERSIÓN (S/.)				817201.34

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70. Resumen de costos de inversión a precios sociales de pavimento asfáltico

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	PRECIO (S/.)	INVERSIÓN (S/.)	F.C.	PRECIOS SOCIALES(S/.)
COSTOS DIRECTOS						
OBRAS PROVISIONALES				18547.63		14652.62
Mano de obra calificada	GLB	1	2975.49	2975.49	0.79	2350.6371
Mano de obra no calificada	HH	210.23	7.5	1576.73	0.79	1245.6128

Materiales y equipos	GLB	1	13995.41	13995.41	0.79	11056.374
MOVIMIENTO DE TIERRAS				80507.78	0.79	63601.15
Mano de obra calificada	GLB	11.87	8.75	103.86	0.79	82.051375
Mano de obra no calificada	HH	627.28	7.5	4704.6	0.79	3716.634
Materiales y equipos	GLB	1	75699.32	75699.32	0.79	59802.463
PAVIMENTOS				443206.03	0.79	350132.76
Mano de obra calificada	GLB	1	8969.19	8969.19	0.79	7085.6601
Mano de obra no calificada	HH	3002.94	7.5	22522.05	0.79	17792.42
Materiales y equipos	GLB	1	411714.79	411714.79	0.79	325254.68
OBRAS DE DRENAJE Y VEREDAS				274939.9	0.79	217202.52
Mano de obra calificada	GLB	1	26029.23	26029.23	0.79	20563.092
Mano de obra no calificada	HH	7876.98	7.5	59077.35	0.79	46671.107
Materiales y equipos	GLB	1	189833.32	189833.32	0.79	149968.32
TOTAL, COSTOS DIRECTOS				817201.34	0.79	645589.06
TOTAL, COSTOS DE INVERSIÓN (S/.)				817201.34		645589.06

Fuente: Elaboración propia

Tabla 71. Costos incrementales para pavimento asfáltico- precios de mercado

RUBRO	PERIODO DE INVERSIÓN		PERIODO DE POST INVERSIÓN									
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Obras provisionales	18547.63											
Movimiento de tierras	80507.78											
Pavimentos	443206											
Obras de drenaje y veredas	274939.9											
Costos de O&M con proyecto	0	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288	
TOTAL, COSTO CON PROYECTO	817201.3	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288	
Costos de O&M sin proyecto		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL, COSTOS INCREMENTALES	817201.34	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 72. Costos incrementales para pavimento asfáltico - a precios social

RUBRO	PERIODO DE INVERSIÓN		PERIODO DE POST INVERSIÓN									
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

obras provisionales	15709.84											
movimiento de tierras	68190.09											
pavimentos	375395.5											
obras de drenaje y veredas	232874.1											
Costos de O&M con proyecto	0	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080
TOTAL, COSTO CON PROYECTO	692169.5	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080
Costos de O&M sin proyecto		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL, COSTOS INCREMENTALES	692169.5	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080

Fuente: Elaboración propia

Tabla 73. Evaluación costo – efectividad a precios sociales pavimento asfáltico

PERIODO DE AÑOS		COSTOS INCREMENTALES	TSD 9%	VACP	POBLACIÓN BENEFICIADA
2020	0	692169.54	1.00	692169.54	2380.00
2021	1	2079.90	0.92	1908.17	2579.00
2022	2	2079.90	0.84	1750.61	2795.00
2023	3	2079.90	0.77	1606.07	3029.00
2024	4	2079.90	0.71	1473.46	3283.00
2025	5	2079.90	0.65	1351.80	3557.00
2026	6	2079.90	0.60	1240.18	3855.00
2027	7	2079.90	0.55	1137.78	4178.00
2028	8	2079.90	0.50	1043.83	4527.00
2029	9	2079.90	0.46	957.65	4906.00
2030	10	2079.90	0.42	878.57	5317.00
VACT				S/.	705517.65
VP.CO&M				S/.	13348.12
POBLACION BENEFICIADA				Beneficiarios	1
C/E				S/.	705517.65

Fuente: Elaboración propia

Tabla 74. Evaluación costo – efectividad a precios privado pavimento asfáltico

PERIODO DE AÑOS		COSTOS INCREMENTALES	TSD 9%	VACP	POBLACIÓN BENEFICIADA
2020	0	817201.34	1	817201.34	2380
2021	1	2288.124	0.917	2099.196	2579
2022	2	2288.124	0.842	1925.868	2795
2023	3	2288.124	0.772	1766.852	3029

2024	4	2288.124	0.708	1620.965	3283
2025	5	2288.124	0.65	1487.124	3557
2026	6	2288.124	0.596	1364.334	3855
2027	7	2288.124	0.547	1251.682	4178
2028	8	2288.124	0.502	1148.332	4527
2029	9	2288.124	0.46	1053.516	4906
2030	10	2288.124	0.422	966.528	5317
VACT				S/.	831885.74
VP.CO&M				S/.	14684.4
POBLACION BENEFICIADA				Beneficiarios	1
C/E				S/.	831885.74

Fuente: Elaboración propia

Metodología AASHTO 93: Pavimento Rígido

Inversión:

Tabla 75. Costo pavimento flexible.

Concepto	Alternativa
Total, de Inversión	S/. 831107.82
Costo US\$	241928.67
Costo US\$/Km	447.2

Fuente: Elaboración propia

Tipo de Cambio setiembre: 3.2

Costos Mantenimiento en US\$-Km:

Tabla 76. Factores para el costo de mantenimiento.

Descripción	Precios de Mercado
	Sin Proyecto
Mant. Rutinario	1,144.06
Mant. Periódico	1,724.98
	Con Proyecto
Mant. Rutinario	2,288.12
Mant. Periódico	3,449.96

Fuente: (MTC, 2013)

A Precios Sociales:

Tabla 77. Factores Sociales:

Obras	Factor
-------	--------

Inversión	0.79
Mantenimiento y Operación	0.75

Fuente: (MTC, 2013)

Costos de Inversión y Mantenimiento:

Tabla 78. *Tabla de costo de inversión y mantenimiento a precio privado pavimento rígido.*

RUBROS	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	Costo Unitario. (S/.)	Costo Anual(s/.)
OPERACIÓN:				1868.12
personal de limpieza	personas	1	105.677	1268.12
materiales de limpieza	global	1	50	600
MANTENIMIENTO:				420
VIAS				320
Mano de obra	servicio	1	220	220
Materiales	global	1	100	100
VEREDAS				100
Mano de obra	servicio	1	80	80
Materiales	global	1	20	20
TOTAL, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				2288.12

Fuente: Elaboración propia

Tabla 79. *Tabla de costo de inversión y mantenimiento a precios sociales pavimento rígido.*

RUBROS	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	Costo Unitario. (S/.)	Costo Anual(s/.)	Factor de Corrección	Total a Precios Sociales (s/.)
OPERACIÓN:				1868.12		1401.09
personal de limpieza	personas	1	105.677	1268.12	0.75	951.09
materiales de limpieza	global	1	50	600	0.75	450
MANTENIMIENTO:				420		300
VIAS				320		240
Mano de obra	servicio	1	220	220	0.75	165
Materiales	global	1	100	100	0.75	75
VEREDAS				100		60
Mano de obra	servicio	1	80	80	0.75	60

Materiales	global	1	20	20	0.75	15
TOTAL, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				2288.12		1701.09

Fuente: Elaboración propia

Tabla 80. Resumen de costos de inversión por actividad pavimento rígido

PARTIDA	DESCRIPCION	UNIDAD		COSTO	
		DE	CANT.	UNITARIO	TOTAL (S/.)
		MEDIDA		(S/.)	
1.01	OBRAS PROVISIONALES				15233.73
01.01.01	Obras provisionales	glb	1	4150	4150
01.01.02	Trabajos preliminares	glb	1	11083.73	11083.73
1.02	PAVIMENTADO				534886.19
01.02.01	Movimiento de tierras	m3	1	37989.46	37989.46
01.02.02	Mejoramiento de sub Rasante	m3	1	27249.09	27249.09
01.02.03	Sub base granular	m3	1	73709.67	73709.67
01.02.04	Losa de rodadura	m3	1	395937.97	395937.97
1.03	OBRAS DE DRENAJE Y VEREDAS				280987.9
01.03.01	Construcción de veredas, Sardineles y rampas	glb	1	187147.15	187147.15
01.03.02	Obras de drenaje (cunetas)	glb	1	93840.75	93840.75
TOTAL, PRESUPUESTO S/.					831107.82

Fuente: Elaboración propia

Tabla 81. Resumen de costos de inversión por mano de obra calificada, no calificada, materiales y equipos de pavimento rígido

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	PRECIO (S/.)	INVERSIÓN (S/.)
I). - COSTOS DIRECTOS				
TRABAJOS PRELIMINARES				15233.73
Mano de obra calificada	GLB	1	3213.58	3213.58
Mano de obra no calificada	HH	210.23	7.5	1576.73
Materiales y equipos	GLB	1	10443.42	10443.42
MEJORAMIENTO DE SUB RASANTE				534886.19
Mano de obra calificada	GLB	1	23769.43	23769.43
Mano de obra no calificada	HH	11784.46	7.5	88383.45
Materiales y equipos	GLB	1	422733.31	422733.31

OBRAS DE DRENAJE Y VEREDAS				280987.9
Mano de obra calificada	GLB	1	26029.23	26029.23
Mano de obra no calificada	HH	7876.98	7.5	59077.35
Materiales y equipos	GLB	1	195881.32	195881.32
TOTAL, COSTOS DIRECTOS				831107.82
TOTAL, COSTOS DE INVERSIÓN (S/.)				831107.82

Fuente: Elaboración propia

Tabla 82. Resumen de costos de inversión a precios sociales pavimento rígido

DESCRIPCIÓN	UND	CANT	PRECIO (S/.)	INVERSIÓN (S/.)	F.C.	PRECIOS SOCIALES(S/.)
COSTOS DIRECTOS						
TRABAJOS PRELIMINARES				15233.725		12034.6428
Mano de obra						
calificada	GLB	1	3213.58	3213.58	0.79	2538.7282
Mano de obra no calificada						
calificada	HH	210.23	7.5	1576.725	0.79	1245.61275
Materiales y equipos						
equipos	GLB	1	10443.42	10443.42	0.79	8250.3018
MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE				534886.19	0.79	422560.09
Mano de obra						
calificada	GLB	1	23769.43	23769.43	0.79	18777.8497
Mano de obra no calificada						
calificada	HH	11784.46	7.5	88383.45	0.79	69822.9255
Materiales y equipos						
equipos	GLB	1	422733.31	422733.31	0.79	333959.315
OBRAS DE DRENAJE Y VEREDAS				280987.9	0.79	221980.441
Mano de obra						
calificada	GLB	1	26029.23	26029.23	0.79	20563.0917
Mano de obra no calificada						
calificada	HH	7876.98	7.5	59077.35	0.79	46671.1065
Materiales y equipos						
equipos	GLB	1	195881.32	195881.32	0.79	154746.243

TOTAL, COSTOS			
DIRECTOS	831107.815	0.79	656575.174
TOTAL COSTOS DE INVERSIÓN (S/.)	831107.815		656575.174

Fuente: Elaboración propia

Tabla 83. Costos incrementales para pavimento rígido- precios de mercado

RUBRO	PERIODO DE INVERSIÓN											
	PERIODO DE POST INVERSIÓN											
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
obras provisionales	15233.73											
pavimentado	534886.19											
obras de drenaje y veredas	280987.9											
Costos de O&M												
con proyecto	0	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288
TOTAL, COSTO CON PROYECTO	831107.82	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288
Costos de O&M sin proyecto												
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL, COSTOS INCREMENTALES												
	831107.82	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288	2288

Fuente: Elaboración propia

Tabla 84. Costos incrementales para pavimento rígido - a precios social

RUBRO	PERIODO DE INVERSIÓN											
	PERIODO DE POST INVERSIÓN											
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
obras provisionales	12903											
pavimentado	453049											
obras de drenaje y veredas	237997											

Costos de O&M												
con proyecto	0	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080
TOTAL, COSTO												
CON PROYECTO	703948	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080
Costos de O&M												
sin proyecto		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL, COSTOS												
INCREMENTALES	703948	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080	2080

Fuente: Elaboración propia

Tabla 85. Evaluación costo – efectividad a precios sociales pavimento rígido

PERIODO DE AÑOS		COSTOS INCREMENTALES	TSD 0.09	VACP	POBLACIÓN BENEFICIADA
2020	0	703948.32	1	703948.32	2380
2021	1	2079.9	0.92	1908.17	2579.21
2022	2	2079.9	0.84	1750.61	2795.09
2023	3	2079.9	0.77	1606.07	3029.03
2024	4	2079.9	0.71	1473.46	3282.56
2025	5	2079.9	0.65	1351.8	3557.32
2026	6	2079.9	0.6	1240.18	3855.06
2027	7	2079.9	0.55	1137.78	4177.73
2028	8	2079.9	0.5	1043.83	4527.41
2029	9	2079.9	0.46	957.65	4906.35
2030	10	2079.9	0.42	878.57	5317.01
VACT				S/.	717296.44
VP.CO&M				S/.	13348.117
POBLACION BENEFICIADA				Beneficiarios	1
C/E				S/.	717296.44

Fuente: Elaboración propia

Tabla 86. Evaluación costo – efectividad a precios privado pavimento rígido

PERIODO DE AÑOS		COSTOS INCREMENTALES	TSD 0.09	VACP	POBLACIÓN BENEFICIADA
2020	0	831107.82	1.00	831107.82	2380.00

2021	1	2288.12	0.92	2099.20	2579.21
2022	2	2288.12	0.84	1925.87	2795.09
2023	3	2288.12	0.77	1766.85	3029.03
2024	4	2288.12	0.71	1620.96	3282.56
2025	5	2288.12	0.65	1487.12	3557.32
2026	6	2288.12	0.60	1364.33	3855.06
2027	7	2288.12	0.55	1251.68	4177.73
2028	8	2288.12	0.50	1148.33	4527.41
2029	9	2288.12	0.46	1053.52	4906.35
2030	10	2288.12	0.42	966.53	5317.01
VACT				S/.	845792.22
VP.CO&M				S/.	14684.40
POBLACION BENEFICIADA				Beneficiarios	1.00
C/E				S/.	845792.22

Fuente: Elaboración propia

Cuadro comparativo de alternativas:

Tabla 87. Selección de alternativa a precios Privados

Descripción	Pavimento asfáltico		Pavimento rígido	
Monto de Inversión Total(S/.)	S/	817,201.34	S/	831,107.82
VACT(S/.)	S/	831,885.74	S/	845,792.22
VP.CO&M (S/.)	S/	14,684.40	S/	14,684.40
BENEF. (USUARIOS)		1.00		1.00
C/E(S/.)	S/	831,885.74	S/	845,792.22

Fuente: Elaboración propia

Tabla 88. Selección de alternativa a precios social

Descripción	Pavimento asfáltico		Pavimento rígido	
Monto de Inversión Total(S/.)	S/	692,169.53	S/	703,948.32
VACT(S/.)	S/	705,517.65	S/	717,296.44
VP.CO&M (S/.)	S/	13,348.12	S/	13,348.12
BENEF. (USUARIOS)		1		1
C/E(S/.)	S/	705,517.65	S/	717,296.44

Fuente: Elaboración propia

Análisis comparativo de pavimentos podemos concluir en primera instancia que un pavimento flexible es menos costoso que un pavimento rígido, para tomar una alternativa se debe hacer un análisis detallado partiendo de las condiciones geológicas, geotécnicas, tránsito, la topografía y finalmente realizar un análisis de rentabilidad que determine la alternativa más factible.

Las condiciones geológicas del área de evaluación se caracterizan por presentar una superficie plana, está construida básicamente por arcilla limo en toda la planicie de la ciudad de Juliaca, en el sistema fluvial presenta llanuras de inundación, lo cual se verá afectada la estructura del pavimento.

La condición geotécnica es muy importante porque nos permite conocer la calidad de suelo sobre el cual se desea construir en este caso un pavimento, para esto se caracterizó el suelo de fundación a través de una exploración de campo en la Jr. Abraham Valdelomar de la ciudad de Juliaca obteniendo muestras representativas mediante calicatas abierto como pozos, las que se ensayaron en laboratorio y finalmente con los datos obtenidos en gabinete se llega a conocer las características del terreno de fundación. Se realizó dos puntos de investigación a una profundidad de 1,20m en la cual no se encontró el nivel freático, el resultado del ensayo indica que el material que se presenta es el A -7 – 6 según la clasificación AASHTO y de tipo CL limos de baja plasticidad según la clasificación SUCS en todas las calicatas ensayadas, presenta límites de plasticidad. PL 18.6 % con índice de plasticidad IP 18.31% Lo más importante es su capacidad de soporte C.B.R. al IN SITU en la calicata 01 se obtuvo un valor de 7.18%, en la calicata 02 un valor de 10.28% y un C.B.R de diseño de 38.1% de acuerdo con el manual de diseño de carreteras de bajo volumen de tránsito (MTC, 2013), Que clasifica en una subrasante buena. No se ve restringida ninguna de las alternativas de pavimentación.

La condición de tráfico, para el presente proyecto se clasifica como una vía local porque transitan vehículos livianos y ocasionalmente vehículos semipesados, el diseño cuenta con periodo de 20 años para el análisis de tránsito para pavimentos flexible y para rígido, en el caso de diseño de pavimento flexible se determinó que el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas como eje simple de rueda doble la solicitud de la vía para su diseño es de 969,936.16 en pavimento flexible, y para el pavimento rígido 1, 1433,33.64. De acuerdo al tráfico no se restringe ninguna de las alternativas de pavimentación.

En cuanto a la disponibilidad de materiales las canteras empleadas por el proyecto. “mejoramiento de la infraestructura vial en los jirones San Pablo, Fray Martin de Porres y Santiago Giraldo tramo (av. Perú - av. Daniel Alomias Robles) y jirón Vilquechico (tramo av. Huancane - av. Tambopata) en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román - Puno (segunda etapa)” cantera para (hormigón) proveniente de la cantera Isla.

Analizado las condiciones de zona se concluye que no se ven afectadas ninguna de las alternativas, por lo tanto, se procede a realizar el diseño y calcular espesores, costos y finalmente realizar un análisis de rentabilidad para determinar la alternativa más rentable.

Los resultados obtenidos en el diseño final de pavimento y los costos de ejecución que demanda cada alternativa fueron los que se detalla en la tabla 89, utilizando las metodologías propuestas para esta comparación técnica-económica entre pavimento flexible y pavimento rígido.

Tabla 89. *Diseño y costo final de las alternativas*

PAVIMENTO		METODOLOGÍA INSTITUTO DEL ASFALTO	METODOLOGÍA AASHTO 93
PAVIMENTO FLEXIBLE	ESPESOR CAPA	carpeta asfáltica = 13.00 cm.	
		base = 27.00 cm.	
		Sub base = 24.00 cm.	
	COSTO EJECUCIÓN	Capa Sub rasante = 120.00cm	
		\$ 239,894.71	
PAVIMENTO RÍGIDO			losa de concreto = 20.00 cm.
			Sub base = 40.00 cm.

Fuente: elaboración propia

Se puede observar que la aplicación del diseño basado en la metodología Racional (mecánicos empírico) resultan menores espesores optimizando las capas de la estructura del pavimento. Y entre los tipos de pavimento flexible y rígido se obtienen menores costos de ejecución en el pavimento flexible a comparación del pavimento rígido.

Para el tramo Jr. Abraham Valdelomar de la ciudad de Juliaca la prueba en análisis de costos se puede certificar que cuando se analiza el diseño del pavimento rígido por el método de AASHTO 93 el costo supera por \$2033.96.

Finalmente se realiza el análisis de rentabilidad para determinar la alternativa de pavimento por la metodología C/E según los cuadros de análisis anteriores:

A precios privados

Pavimento flexible (INSTITUTO DEL ASFALTO) igual a C/E= 831,885.74

Pavimento rígido (AASHTO 93) igual a C/E= 845,792.22

A precios sociales

Pavimento flexible (INSTITUTO DEL ASFALTO) igual a C/E= 705,517.65

Pavimento rígido (AASHTO 93) igual a C/E= 717,296.44.

Con el analiz

5.3. Discusión de los resultados

En los ensayos de laboratorio según la norma CE-010, (2010), se realizó dos calicatas, el valor que se tomo para el diseño de pavimentos (7.18) el valor es permitido para usar en el diseño como en subrasante según el manual de sección suelos y pavimentos del Ministerio deTransporte y Comunicaciones MTC (2013) menciona que el

rango es de 6 a 10%, así mismo es clasificado como un suelo limo baja plasticidad CL, según SUCS y según AASHTO en el grupo A-7-6 dentro de rango regular.

Tabla 90. Comparación estructural entre pavimento rígido y flexible

Comparación técnica entre pavimento rígido y flexible		
Observación	Pavimento rígido Según método (AASHTO)	Pavimento flexible Según método (instituto del asfalto)
Espesores (cm)	20	13
Base (cm)	40	27
Sub base (cm)		24
Subrasante (Mejoramiento), (cm)		120
Distribución de carga (ESAL)	1,143,334	969,936
Periodo de diseño (años)	20	20
Longitud	541.909	541.909
Movimiento de tierra (m ³)	3901.745	10209.566

Fuente: elaboración propia

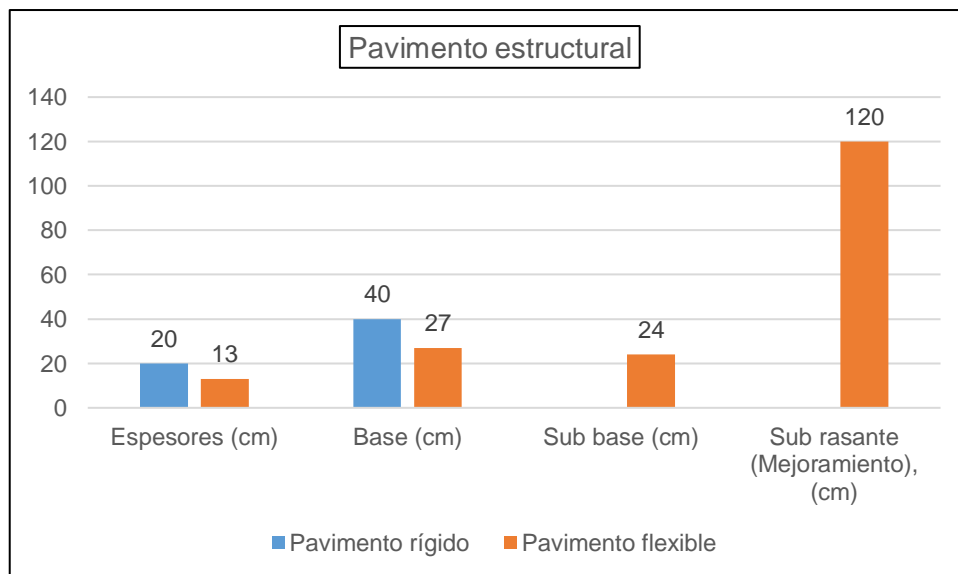


Figura 54: Comparación de espesores de los pavimentos

Fuente: Elaboración propia.

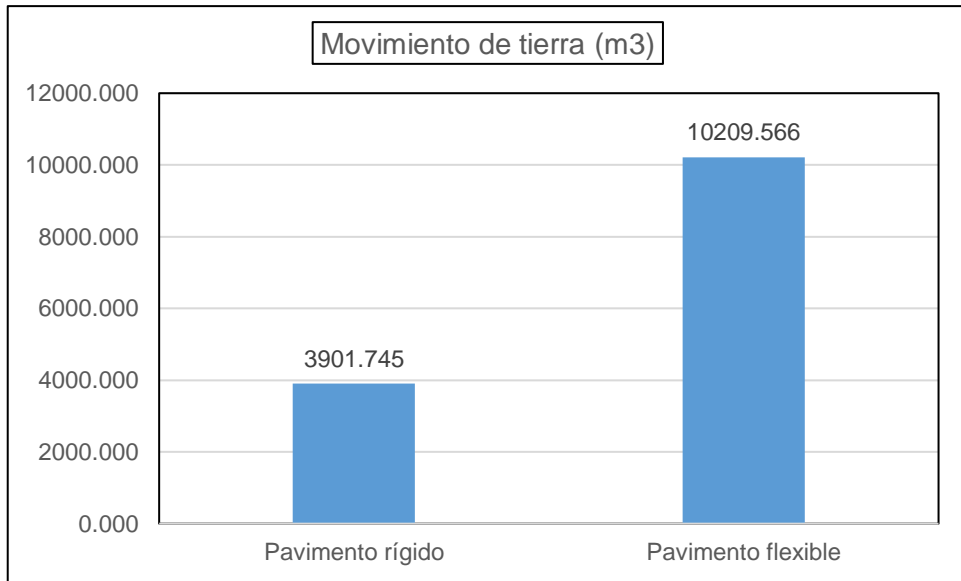


Figura 55: Comparación de movimiento de tierra en los pavimentos

Fuente: Elaboración propia.

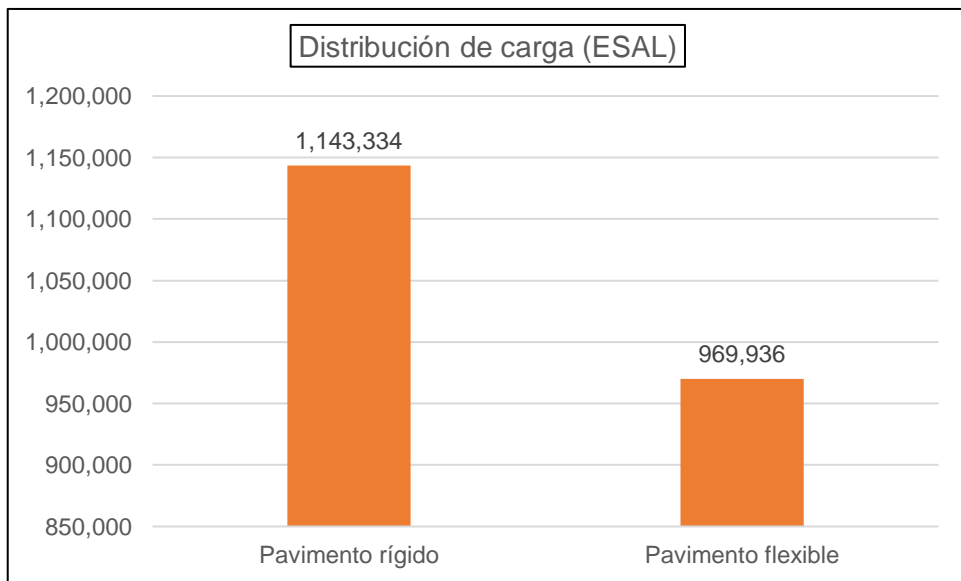


Figura 56: Comparación de distribución de cargas

Fuente: Elaboración propia.

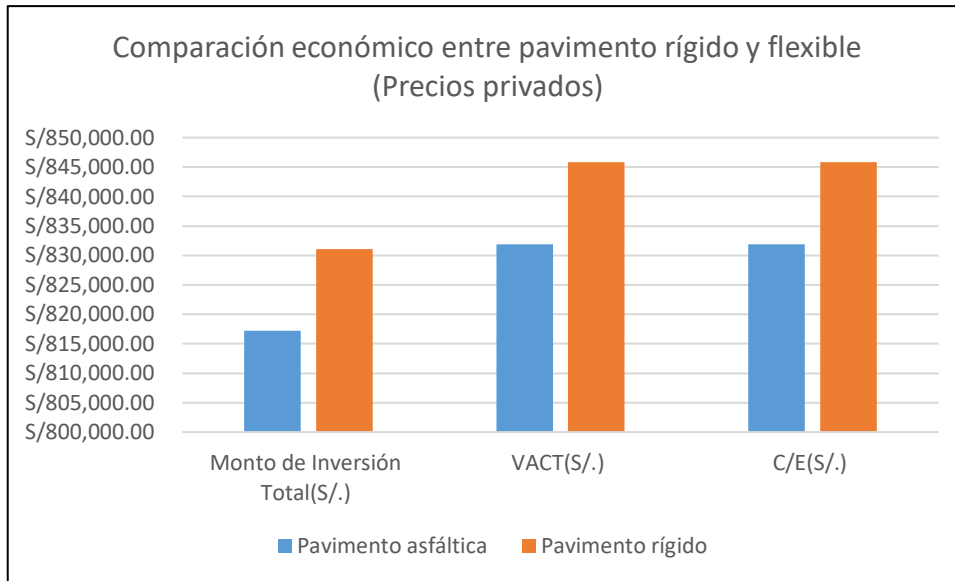


Figura 57: Comparación económico entre pavimento rígido y flexible (Precios privados)

Fuente: Elaboración propia.

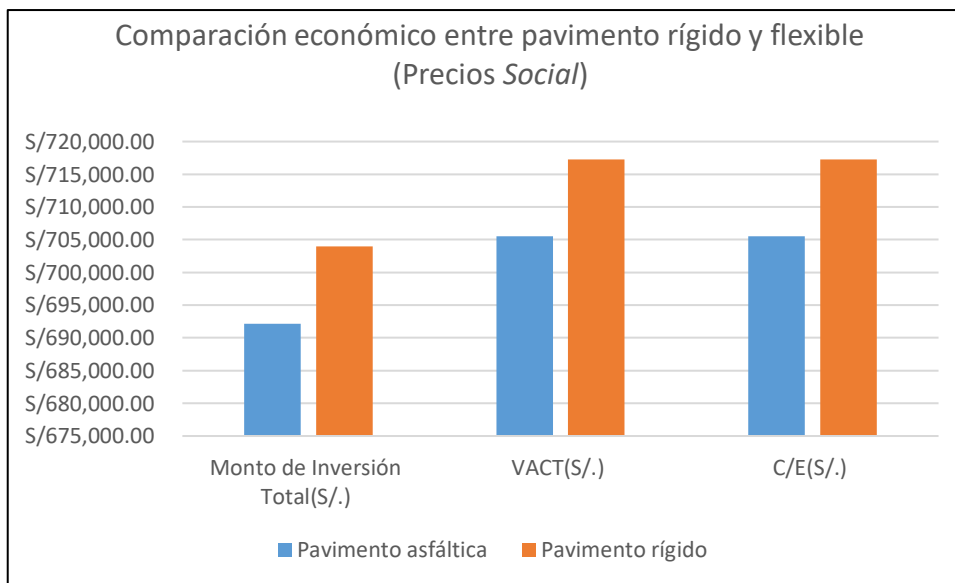


Figura 58: Comparación económico entre pavimento rígido y flexible (Precios Social)

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados obtenidos según los análisis técnicos y económicos, aceptamos la hipótesis general, indica que el pavimento rígido presenta una solución más adecuada.

Estos resultados guardan relación con lo que sustien Chambilla & Chagua (2017), Platero (2017), tuvieron un objetivo similar, realizar un análisis comparativo entre un pavimento flexible y rígido, en conclusión los pavimentos, por la metodología AASHTO -93 el costo supera 70% en pavimento rígido y flexible 30%, supera el costo diseñado por la metodología racional, en el caso del análisis comparativo del presente proyecto el pavimento rígido es mas alto el costo que el flexible, ello es acorde con lo que en este estudio se halla.

CAPITULO VI.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Usando las metodologías de diseño de instituto de asfalto y AASHTO 93, luego realizando la comparación técnica entre pavimento rígido y flexible podemos afirmar que el diseño obtenidos por la metodología instituto de asfalto se obtuvo los espesores menores para el mismo caso de tráfico ESAL de diseño y suelo que se encuentra IN SITU , el mantenimiento es muy importante y diseño de estructuras de drenaje ayudará a cumplir su periodo de vida útil, en la comparación técnica es indispensable realizar el análisis en las condiciones de suelo que se encuentra la zona de estudio "IN SITU " para construir una estructura de pavimento.

A los 7 días se aforó el volumen vehicular desde el día domingo 13 de octubre del 2019 hasta 19 de octubre, un promedio de 517 veh/día. Se obtuvo el ESAL de diseño para pavimento flexible 969,936 y pavimento rígido 1' 143,33. En caracterización del suelo se obtuvo un CBR 7.18.

Se logró diseñar pavimento flexible con una estructura de Subbase 27 cm, base 24 cm y la superficie de rodadura 13 cm de asfalto. En pavimento rígido la losa de rodadura de 20 cm con una base de 40 cm. con las condiciones reales del suelo IN SITU.

Al terminar el análisis de comprobación económica aplicando la metodología Costo - Beneficio se finaliza que la mejor alternativa de pavimento con la mejor rentabilidad es el pavimento flexible con costo a precio privados C/E S/. 831,885.74 que fue diseñado por el método instituto de asfalto, es decir es efectivo al menor VAC (valor actual de costos). El Pavimento rígido es mayor a flexible, a precio privado C/E S/. 845,792.22. a precio social el pavimento flexible S/. 705,517.89 y en rígido S/. 717,296.44

Análisis técnico- económico permite finalmente conocer la alternativa más rentable y la que se ajusta a las condiciones de la zona del proyecto que se quiere plantear.

Para esta tesis se concluye que la alternativa más rentable en el tiempo es un pavimento flexible que fue diseñado con la metodología instituto de asfalto.

6.2 Recomendaciones

Debe diseñarse el pavimento para las propiedades de subrasante al suelo IN SITU real, con las condiciones mismas del estudio de tráfico, los efectos medios ambientales a los que estará sujeto a su vida servicio, las posiciones de materiales, métodos de construcción, y mantenimiento afectan el desempeño del pavimento.

Se recomienda adaptar la metodología instituto de asfalto ya que te permite imbuirse en el diseño y plantear las condiciones locales o las condiciones reales de la vía que se pretende diseñar como características de fundación, tráfico y clima.

Los desempeños, criterios y los niveles de la tolerancia son establecidos por el diseñador, aplicando una filosofía que recalca un desempeño integral, para la elección del tipo de pavimento a su vez depende de un análisis costo beneficio de las alternativas planteadas.

Técnicamente el costo de ejecución de un pavimento flexible es menor al de un pavimento rígido, sin embargo, es necesario evaluar la zona en que se desea plantear el pavimento como las condiciones climáticas y el tráfico que se tendrá durante su periodo de vida.

CAPITULO VII.

REFERENCIA

- AASHTO. (1993). Guide for Design of Pavement Structures. Washington D.C. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Bowles, J. (1980). Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería civil . Colombia: McGraw-Hill Latinoamericana, S.A.
- Calla, E. (2015). *Pavimentación de los jirones Achaya, Manco Capac, conde de Lemus, Arica y puno de la municipalidad distrital de Caminaca Azángaro*. Repositorio institucional UNA - PUNO.
- CE-010. (2010). Norma Técnica de Edificación CE-010 Pavimentos Urbanos. Lima.
- Conroy, I. J. (2014). Vialidad y transporte latinoamericano. Perú.
- Chambilla, & Chagua. (2017). Estudio comparativo técnico-económico entre pavimento rígido y pavimento flexible como alternativa de pavimentación de la avenida circunvalación del distrito de Yunguyo, provincia de Yunguyo – Puno. PUNO, PUNO.
- Chávez, A. S. (2015). *Introducción a la Ingeniería de Pavimentos*.
- DG 2014. (s.f.). Manual de Carreteras - Diseño Geométrico.
- E.050. (1997). Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones. Lima.
- EG-2013. (s.f.). Manual de Carreteras: EG-2013 . *Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción para*.
- EUA. (1993). Método más reciente del Instituto de Asfalto de los Estados Unidos de Norteamérica.
- Google Maps. (2021). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/Urb+Tambopata,+Juliaca>
- Hernández, S. R. (2006). *Metodología de la investigación*. México: Quinta.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Censo Nacional 2017: XII de la Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística e Informática: <https://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>

- Loayza, V. (2005). Manual de diseño geométrico de vías. Perú: ICG.
- Lupaca, R. (2017). *Estudio definitivo de la pavimentación de la avenida Túpac Amaru de la Municipalidad distrital de Llalli - Melgar - Puno*. Repositorio Institucional UNA - PUNO.
- Menéndez, A. (2012). *Ingeniería de pavimentos: Materiales, Diseño y conservación José Rafael Menéndez Acurio* (Tercera ed.). Lima: Fondo editorial ICG.
- Monsalve, L. M., Giraldo, L. C., & Maya, J. (2012). Diseño de Pavimento flexible y rígido. Armenia: Universidad del Quindío.
- Montejo, F. (2002). *Ingeniería de Pavimentos para carreteras. Fundamentos, estudios básicos y diseño*. (2a. ed.). Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- Mora, S. (Junio 2013). Ministerio de transportes y comunicaciones dirección general de caminos y ferrocarriles. *III seminario nacional de gestión y normatividad vial en la universidad nacional de Ingeniería*. LIMA.
- MTC. (2013). Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos. *Sección suelos y pavimentos*.
- Nassir, S. C. (2011). *Proyectos de inversión formulación y evaluación* (Segunda ed.). Santiago, Chile: Inés Fernández Maluf.
- Neyra, V. (2016). *Mejoramiento y rehabilitación de infraestructura vial urbana en el barrio nuevo san miguel de la ciudad de llave - provincia de el Collao - Puno*. Repositorio Institucional UNA - PUNO.
- Núñez, A. (2016). *Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de geosintéticos*. Repositorio Institucional UNA - PUNO.
- Platero, G. (2017). *Análisis y diseño de pistas y veredas de los jirones San Bartolomé y Túpac Yupanqui del barrio Manto Central del distrito y provincia de Puno*. Repositorio Institucional UNA - PUNO.
- Poma, L. (noviembre 2015). Método del instituto del asfalto. Chimbote.
- Rodríguez, M., & Lazo, I. (s.f.). Folletos de mecánica de suelos. Universidad Nacional de Ingeniería.

Rojas, D., & Paredes , A. (2019). *Compendio de Geología General* (2R/2019 ed.).
Empresa Editora Macro.