

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE DOS TIPOS DE PAVIMENTOS
PARA EL CAMPUS DE LA UNALM”**

Presentada por:

MILAGROS SOFÍA LAURA GUZMÁN

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERA AGRÍCOLA**

Lima – Perú

2019

DEDICATORIA

A mis padres (Ricardo Z. Laura y Mercedes R. Guzmán) y hermanos (Juan y Pedro), con mucho cariño les dedico todo mi esfuerzo y trabajo puestos para la realización de esta tesis; porque los logros míos, son los de todos ustedes.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi asesor de tesis, el Ingeniero Carlos Bravo Aguilar, por la paciencia, el apoyo y las enseñanzas brindadas para el desarrollo de este trabajo.

Agradezco a José Antonio Alejos Castillo, por el apoyo incondicional y por las palabras de motivación para la realización de este trabajo; escribirte unas líneas es muy poco para describir la importancia que tienes tú en mi día a día, para impulsarme a continuar cumpliendo mis objetivos.

Agradezco a mis amigas (Cristina, Denisse, Karen, Raisa y Silvana), por los momentos compartidos dentro y afuera de las aulas de la universidad, por el aliento y por el apoyo brindado para la realización de esta tesis.

Agradezco a todos los que me apoyaron de una u otra forma y lo siguen haciendo.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Generalidades.....	1
1.2.	Objetivos de la Investigación.....	3
	a. Objetivo General.....	3
	b. Objetivos Específicos.....	3
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1.	Pavimentos.....	4
	2.1.1. Pavimentos Flexibles.....	4
	2.1.2. Pavimentos Rígidos.....	7
2.2.	Diseño de Pavimentos.....	8
	2.2.1. Método de Guía de Diseño de AASHTO 1993.....	8
	a. Estudios de Tráfico.....	9
	b. Estudios de Mecánica de Suelos.....	11
	c. Datos Pluviométricos.....	19
2.3.	Diseño de Pavimentos Flexibles.....	19
	2.3.1. Método de Guía de Diseño de AASHTO 1993.....	19
	a. Período de Análisis o de Diseño.....	19
	b. Variables.....	20
2.4.	Diseño de Pavimentos Rígidos.....	25
	2.4.1. Método de Guía de Diseño de AASHTO 1993.....	25
	a. Período de Análisis o de Diseño.....	25
	b. Variables.....	25
2.5.	Análisis de Costos en Pavimentos.....	31
	2.5.1. Presupuesto de Pavimentos.....	31
2.6.	Partidas durante el Proceso Constructivo de Pavimentos Flexibles.....	32
2.7.	Partidas durante el Proceso Constructivo de Pavimentos Rígidos.....	36
2.8.	Mantenimiento en Pavimentos.....	42
	2.8.1. Gestión para la conservación de pavimentos.....	42
	2.8.2. Selección de las actividades de mantenimiento preventivo.....	48

2.9.	Diferencia a considerar entre el asfalto y el concreto.....	54
2.10.	Definiciones y conceptos ambientales.....	55
2.11.	Estudio de Impacto Ambiental.....	61
2.11.1.	Caracterización del Impacto Ambiental.....	62
2.11.2.	Metodología de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).....	62
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	64
3.1.	Trabajo de Campo (Diagnostico de la Situación Actual).....	64
3.1.1.	Información General.....	64
3.1.2.	Recopilación de información sistematizada.....	65
3.1.3.	Recopilación de información de campo.....	66
3.2.	Trabajo de Gabinete.....	66
3.2.1.	Procesamiento de Información.....	66
3.2.2.	Diseño de Pavimentos Flexibles.....	75
3.2.3.	Diseño de Pavimentos Rígidos.....	80
3.2.4.	Análisis de Costos en Partidas de Construcción, Operación y Mantenimiento de Pavimentos.....	88
3.2.5.	Estudio de Impacto Ambiental.....	89
3.3.	Análisis Comparativo entre las dos alternativas de Pavimentos.....	92
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	93
4.1.	Información General.....	93
4.2.	Procesamiento de Información.....	94
4.2.1.	Estudio de Tráfico.....	94
4.2.2.	Estudios de Mecánica de Suelos.....	104
4.2.3.	Datos Meteorológicos.....	108
4.3.	Diseño de Pavimentos Flexibles.....	110
4.3.1.	Método de AASHTO 93 de diseño.....	110
4.4.	Diseño de Pavimentos Rígidos.....	114
4.4.1.	Método de AASHTO 93 de diseño.....	114
4.5.	Análisis de Costos en Pavimentos.....	116
4.5.1.	Durante el Proceso Constructivo.....	117
4.5.2.	En la Etapa de Operación y Mantenimiento.....	121
4.6.	Estudio de Impacto Ambiental.....	127
4.6.1.	Valbración de Impactos.....	127
4.7.	Análisis Comparativo.....	168

4.7.1. Del Análisis de Costos.....	168
4.7.2. En el Estudio de Impacto Ambiental.....	174
V. CONCLUSIONES.....	176
VI. RECOMENDACIONES.....	177
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	178
VIII. ANEXOS.....	183

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Configuraciones de Ejes.

Tabla N° 02: Tabla de Pesos y Medidas.

Tabla N° 03: Normas técnicas de los trabajos de investigación en campo.

Tabla N° 04: Número de puntos por tipo de vías.

Tabla N° 05: Normas técnicas de los trabajos de investigación en laboratorio.

Tabla N° 06: Caracterización de la Subrasante.

Tabla N° 07: Tamaño de partículas del material presente en un suelo.

Tabla N° 08: Clasificación de Suelos AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) y Clasificación de Suelos SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

Tabla N° 09: Caracterización del Suelo en función del Índice de Plasticidad.

Tabla N° 10: Caracterización del Suelo en función del Equivalente de Arena (EA).

Tabla N° 11: Requerimientos Granulométricos para Sub-Base Granular.

Tabla N° 12: Requerimientos de Calidad para Sub-base Granular.

Tabla N° 13: Requerimiento Granulométricos para Base Granular.

Tabla N° 14: Valores de CBR (*California Bearing Ratio*) en función del tipo de vía.

Tabla N° 15: Requerimientos del Agregado Grueso de Base Granular.

Tabla N° 16: Requerimiento del Agregado Fino de Base Granular.

Tabla N° 17: Condiciones de una vía en función del Índice de Serviciabilidad.

Tabla N° 18: Niveles de Confiabilidad (% R) en función al tipo de vía.

Tabla N° 19: Valores del coeficiente de transferencia de carga (J).

Tabla N° 20: Requerimientos técnicos para los materiales presentes en las mezclas asfálticas en caliente (parte I).

Tabla N° 21: Requerimientos técnicos para los materiales presentes en las mezclas asfálticas en caliente (parte II).

Tabla N° 22: Requerimientos técnicos de los ensayos para la mezcla de concreto.

Tabla N° 23: Dimensiones de Losas recomendados.

Tabla N° 24: Diámetros y longitudes recomendados en Barras de Amarre.

Tabla N° 25: Diámetros y longitudes recomendados en Pasa Juntas.

Tabla N° 26: Indicadores y Niveles de servicio para pavimentos flexibles.

Tabla N° 27: Indicadores y Niveles de servicio para pavimentos rígidos.

Tabla N° 28: Comparación de características entre pavimentos asfálticos y de concreto.

Tabla N° 29: Valores de Albedo.

Tabla N° 30: Valores de absorptividad en pavimentos.

Tabla N° 31: Valores de emisividad en pavimentos.

Tabla N° 32: Valores de conductividad y calor específico de los pavimentos propuestos.

Tabla N° 33: Datos de la población total en la UNALM, desde el año 2002 hasta el 2017.

Tabla N° 34: Factor de distribución direccional y por carril.

Tabla N° 35: Periodos de diseño en función al tipo de carretera (vía).

Tabla N° 36: Especificaciones Técnicas Constructivas.

Tabla N° 37: Período de análisis para vías del tipo locales.

Tabla N° 38: Niveles de confiabilidad (% R) recomendados.

Tabla N° 39: Desviación Estándar Normal (Z_R) en función de la Confiabilidad (% R).

Tabla N° 40: Calidad de drenaje en función del tiempo que tarde en evacuar el agua de la capa granular para el diseño de pavimentos flexibles.

Tabla N° 41: Calidad de drenaje en función del tiempo que tarde en evacuar el agua de la capa granular para el diseño de pavimentos rígidos.

Tabla N° 42: Número de vehículos promedio a diario en el período 2018.

Tabla N° 43: Cálculo de la Tasa de Crecimiento Poblacional.

Tabla N° 44: Crecimiento del tránsito durante el período de análisis.

Tabla N° 45: Valores de EALF (*Equivalent Axle Load Factor*) para pavimentos flexibles.

Tabla N° 46: Valores de LEF (*Load Equivalency Factor*) para pavimentos flexibles.

Tabla N° 47: Valores de EALF (*Equivalent Axle Load Factor*) para pavimentos rígidos.

Tabla N° 48: Valores de LEF (*Load Equivalency Factor*) para pavimentos rígidos.

Tabla N° 49: Valores de ADT_0 (Tráfico Medio Diario) en pavimentos (flexibles y rígidos).

Tabla N° 50: Variables de entrada para el cálculo del ESAL en pavimentos flexibles.

Tabla N° 51: Variables de entrada para el cálculo del ESAL en pavimentos rígidos.

Tabla N° 52: Valores de ESAL (Número de Ejes Equivalentes) para diferentes años del período de análisis.

Tabla N° 53: Resumen de ensayos de clasificación de suelos.

Tabla N° 54: Resumen de Capacidad de Soporte.

Tabla N° 55: Requerimientos Granulométricos para Sub-Base Granular.

Tabla N° 56: Requerimientos de Calidad para Sub-Base Granular.

Tabla N° 57: Requerimientos Granulométricos para Base Granular.

Tabla N° 58: Valores de CBR (*California Bearing Ratio*) en función del tipo de vía.

Tabla N° 59: Requerimientos del Agregado Grueso de Base Granular.

Tabla N° 60: Valores de temperatura promedio mensual.

Tabla N° 61: Valores de temperatura máxima promedio mensual.

Tabla N° 62: Valores de temperatura mínima promedio mensual.

Tabla N° 63: Valores de precipitación mensual y anual.

Tabla N° 64: Valores de las variables de entrada para el cálculo del Número Estructural Requerido (SN).

Tabla N° 65: Espesores mínimos de diseño para pavimentos flexibles.

Tabla N° 66: Valores para el diseño de los espesores (D_1 , D_2 , D_3) de las capas (capa asfáltica, base granular, sub-base granular) que componen los pavimentos flexibles.

Tabla N° 67: Valores de las variables de entrada para el cálculo del espesor de losa.

Tabla N° 68: Propiedades del concreto de diseño.

Tabla N° 69: Valores del diseño de la sub-base (capa granular).

Tabla N° 70: Parámetros de diseño de la subrasante.

Tabla N° 71: Partidas y metrados de obra (pavimentos flexibles).

Tabla N° 72: Presupuesto de obra (pavimentos flexibles I).

Tabla N° 73: Análisis de costos para la determinación de los espesores finales de diseño de las capas estructurales.

Tabla N° 74: Partidas y metrados de obra (pavimentos rígidos).

Tabla N° 75: Presupuesto de obra (pavimentos rígidos I).

Tabla N° 76: Indicadores y Niveles de servicio para pavimentos flexibles.

Tabla N° 77: Presupuesto de obra (pavimentos flexibles II).

Tabla N° 78: Indicadores y Niveles de servicio para pavimentos rígidos.

Tabla N° 79: Presupuesto de obra (pavimentos rígidos II).

Tabla N° 80: Datos de temperatura en la zona de estudio A-1 en el mes de diciembre.

Tabla N° 81: Datos de temperatura en la zona de estudio A-1 en el mes de enero.

Tabla N° 82: Datos de temperatura en la zona de estudio A-1 en el mes de febrero.

Tabla N° 83: Datos de temperatura en la zona de estudio B-2 en el mes de diciembre.

Tabla N° 84: Datos de temperatura en la zona de estudio B-2 en el mes de enero.

Tabla N° 85: Datos de temperatura en la zona de estudio B-2 en el mes de febrero.

Tabla N° 86: Datos de temperatura en la zona de estudio A-3 en el mes de diciembre.

Tabla N° 87: Datos de temperatura en la zona de estudio A-3 en el mes de enero.

Tabla N° 88: Datos de temperatura en la zona de estudio A-3 en el mes de febrero.

Tabla N° 89: Datos de temperatura en la zona de estudio A-4 en el mes de diciembre.

Tabla N° 90: Datos de temperatura en la zona de estudio A-4 en el mes de enero.

Tabla N° 91: Datos de temperatura en la zona de estudio A-4 en el mes de febrero.

Tabla N° 92: Actividades impactantes en Pavimentos Flexibles.

Tabla N° 93: Actividades impactantes en Pavimentos Rígidos.

Tabla N° 94: Matriz de Leopold para pavimentos flexibles.

Tabla N° 95: Resumen de la Matriz de Leopold (Pavimentos Flexibles).

Tabla N° 96: Matriz de Leopold para pavimentos rígidos.

Tabla N° 97: Resumen de la Matriz de Leopold (Pavimentos Rígidos).

Tabla N° 98: Descripción de Impactos (Derrame de Líquidos Peligrosos) en Pavimentos Flexibles.

Tabla N° 99: Descripción de Impactos (Derrame de Líquidos Peligrosos) en Pavimentos Rígidos.

Tabla N° 100: Descripción de Impactos (Vertimiento al suelo desnudo) en Pavimentos Flexibles.

Tabla N° 101: Descripción de Impactos (Vertimiento al suelo desnudo) en Pavimentos Rígidos.

Tabla N° 102: Descripción de Impactos (Alteración de las propiedades físicas del suelo) en Pavimentos Flexibles.

Tabla N° 103: Descripción de Impactos (Alteración de las propiedades físicas del suelo) en Pavimentos Rígidos.

Tabla N° 104 Descripción de Impactos (Gradiente térmico) en Pavimentos Flexibles.

Tabla N° 105: Descripción de Impactos (Gradiente térmico) en Pavimentos Rígidos.

Tabla N° 106: Descripción de Impactos (Emisión de gases) en Pavimentos Flexibles.

Tabla N° 107: Descripción de Impactos (Emisión de gases) en Pavimentos Rígidos.

Tabla N° 108: Descripción de Impactos (Suspensión de material particulado) en Pavimentos Flexibles.

Tabla N° 109: Descripción de Impactos (Suspensión de material particulado) en Pavimentos Rígidos.

Tabla N° 110: Descripción de Impactos (Niveles de ruido ambiental) en Pavimentos Flexibles.

Tabla N° 111: Descripción de Impactos (Niveles de ruido ambiental) en Pavimentos Rígidos.

Tabla N° 112: Descripción de Impactos (Salud y Seguridad Ocupacional) en Pavimentos Flexibles.

Tabla N° 113: Descripción de Impactos (Salud y Seguridad Ocupacional) en Pavimentos Rígidos.

Tabla N° 114: Descripción de Impactos (Generación de empleo) en Pavimentos Flexibles.

Tabla N° 115: Descripción de Impactos (Generación de empleo) en Pavimentos Rígidos.

Tabla N° 116: Medidas de Prevención, Mitigación y Corrección (parte I).

Tabla N° 117: Medidas de Prevención, Mitigación y Corrección (parte II).

Tabla N° 118: Medidas de Prevención, Mitigación y Corrección (parte III).

Tabla N° 119: Costo Directo durante el Proceso Constructivo de Pavimentos Flexibles.

Tabla N° 120: Costo Directo durante el Proceso Constructivo de Pavimentos Rígidos.

Tabla N° 121: Análisis comparativo, en el análisis de costos (proceso constructivo).

Tabla N° 122: Costo Directo en la Etapa de Operación y Mantenimiento de Pavimentos Flexibles.

Tabla N° 123: Costo Directo en la Etapa de Operación y Mantenimiento de Pavimentos Rígidos.

Tabla N° 124: Análisis comparativo, en el análisis de costos (etapa de operación y mantenimiento).

Tabla N° 125: Análisis comparativo de costos total para pavimentos (flexibles y rígidos) durante su ciclo de vida útil.

Tabla N° 126: Análisis comparativo en el Estudio de Impacto Ambiental para pavimentos (flexibles y rígidos).

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Capas que conforman las estructuras de Pavimentos Flexibles.

Figura N° 02: Capas que conforman las estructuras de Pavimentos Rígidos.

Figura N° 03: Nomograma para el cálculo del Número Estructural (SN) en pavimentos flexibles).

Figura N° 04: Procedimiento para determinar los espesores de diseño de las capas de Pavimentos Flexibles.

Figura N° 05: Capacidad de carga de un pavimento antes de fallar.

Figura N° 06: Nomograma del cálculo del espesor de losa en pavimentos rígidos (parte I).

Figura N° 07: Nomograma del cálculo del espesor de losa en pavimentos rígidos (parte II).

Figura N° 08: Fallas o deterioros en pavimentos flexibles.

Figura N° 09: Fallas o deterioros en pavimentos rígidos (parte I).

Figura N° 10: Fallas o deterioros en pavimentos rígidos (parte II).

Figura N° 11: Determinación del valor del ISP (Índice de Estado y de Serviciabilidad) en función de la rugosidad de una camino pavimentado.

Figura N° 12: Avance del deterioro de una camino pavimentado respecto al tiempo.

Figura N° 13: Gases del Efecto Invernadero (GEI).

Figura N° 14: Balance de energía en el pavimento.

Figura N° 15: Delimitación del campus de la UNALM, distrito La Molina.

Figura N° 16: Configuración vehicular (pesos y medidas).

Figura N° 17: Configuraciones por tipos de ejes.

Figura N° 18: Nomograma para estimar el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica (a_1), en función al módulo elástico (resiliencia).

Figura N° 19: Nomograma para estimar el coeficiente estructural (a_2) para una capa base granular.

Figura N° 20: Nomograma para estimar el coeficiente estructural (a_3) para una capa sub-base granular.

Figura N° 21: Nomograma para el cálculo del Módulo de reacción de la subrasante.

Figura N° 22: Nomograma para la corrección del módulo efectivo de la reacción de subrasante por pérdida potencial de soporte de subgrado.

Figura N° 23: Nomograma para el cálculo del espesor de losa en pavimentos rígidos (parte I).

Figura N° 24: Nomograma para el cálculo del espesor de losa en pavimentos rígidos (parte II).

Figura N° 25: Delimitación de las vías en la zona de estudio.

Figura N° 26: Ubicación de las sub-zonas de estudio (A, B, 1, 2, 3, 4).

Figura N° 27: Registro de temperatura en pavimentos asfálticos (Sub-zona 3) a las 4:30 pm, al interior del campus.

Figura N° 28: Registro de temperatura en pavimentos asfálticos (Sub-zona 1) a las 12:30 pm, al interior del campus.

Figura N° 29: Registro de temperatura en pavimentos asfálticos (Sub-zona 4) a las 12:30 pm, al interior del campus.

Figura N° 30: Registro de temperatura en pavimentos asfálticos (sub-zona 4), con presencia de sombra.

Figura N° 31: Registro de temperatura en pavimentos asfálticos. Presencia de nubes (día nublado).

Figura N° 32: Registro de temperatura en pavimentos asfálticos (Sub-zona 2) a las 4:30 pm, al interior del campus.

Figura N° 33: Registro de temperatura en pavimentos asfálticos (Sub-zona 3). Presencia solar (día soleado).

Figura N° 34: Registro de temperatura en pavimentos de losas de concreto (Sub-zona A) a las 9:30 am, al exterior del campus.

Figura N° 35: Registro de temperatura en pavimentos de losas de concreto (Sub-zona A) a las 12:30 pm. Día nublado.

Figura N° 36: Registro de temperatura en pavimentos de losas de concreto (Sub-zona A) a las 4:30 pm, al exterior del campus.

Figura N° 37: Registro de temperatura en pavimentos de losas de concreto (Sub-zona B), al exterior del campus. Se observa áreas afectadas por riego de jardines públicos.

Figura N° 38: Falla en pavimentos asfálticos (Peladuras y desprendimiento de material), de la "Sub-zona 3".

Figura N° 39: Falla en pavimentos asfálticos (desprendimiento de material en las juntas asfálticas originadas por trabajos de recapados), al interior del campus.

Figura N° 40: Falla en pavimentos asfálticos (piel de cocodrilo) al interior del campus.

Figura N° 41: Falla en pavimentos asfálticos (agrietamientos) al interior del campus.

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01: Proyección del IMDA en los próximos 20 años.

Gráfico N° 02: Proyección de ESAL en los próximos 20 años.

Gráfico N° 03: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-1 en el mes de diciembre.

Gráfico N° 04: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-1 en el mes de enero.

Gráfico N° 05: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-1 en el mes de febrero.

Gráfico N° 06: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio B-2 en el mes de diciembre (I).

Gráfico N° 07: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio B-2 en el mes de diciembre (II).

Gráfico N° 08: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio B-2 en el mes de enero (I).

Gráfico N° 09: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio B-2 en el mes de enero (II).

Gráfico N° 10: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-1 en el mes de febrero (I).

Gráfico N° 11: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-1 en el mes de febrero (II).

Gráfico N° 12: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-3 en el mes de diciembre.

Gráfico N° 13: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-3 en el mes de enero (I).

Gráfico N° 14: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-3 en el mes de enero (II).

Gráfico N° 15: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-3 en el mes de febrero (I).

Gráfico N° 16: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-3 en el mes de febrero (II).

Gráfico N° 17: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-4 en el mes de diciembre (I).

Gráfico N° 18: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-4 en el mes de diciembre (II).

Gráfico N° 19: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-4 en el mes de enero.

Gráfico N° 20: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-4 en el mes de febrero (I).

Gráfico N° 21: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-4 en el mes de febrero (II).

.

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N° 01: Panel Fotográfico.

ANEXO N° 02: Estudios de Mecánica de Suelos.

ANEXO N° 03: Datos Meteorológicos de la Estación Von Humboldt.

ANEXO N° 04: Análisis de Precios Unitarios para Pavimentos Flexibles durante el Proceso Constructivo.

ANEXO N° 05: Análisis de Precios Unitarios para Pavimentos Rígidos durante el Proceso Constructivo.

ANEXO N° 06: Análisis de Precios Unitarios para Pavimentos Flexibles en la Etapa de Operación y Mantenimiento.

ANEXO N° 07: Análisis de Precios Unitarios para Pavimentos Rígidos en la Etapa de Operación y Mantenimiento.

ANEXO N° 08: Cálculo de Gastos Generales (Fijos, Variables y Resumen) para Pavimentos Flexibles.

ANEXO N° 09: Cálculo de Gastos Generales (Fijos, Variables y Resumen) para Pavimentos Rígidos.

ANEXO N° 10: Diagnóstico de Fallas Típicas.

ANEXO N° 11: Planos.

RESUMEN

En el presente estudio, se ha determinado la alternativa de menor costo y de menor impacto ambiental negativo al entorno, del análisis comparativo entre las alternativas de diseño de pavimentos flexibles frente a pavimentos rígidos urbanos para las vías al interior del campus de la UNALM, durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento, en un período de análisis de 20 años. Para el análisis, se planteó el diseño de nuevos pavimentos en las vías del campus, ya que en la actualidad los pavimentos existentes registran fallas a nivel superficial en distintos tramos de vías, sin haber desarrollado trabajos de conservación de pavimentos, por lo que ya han cumplido con su ciclo de vida útil. Entonces, se calcularon los espesores de diseño de las capas estructurales que conforman cada tipo de pavimento (flexibles y rígidos), mediante la aplicación del método de AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), para luego proceder al análisis de costos durante el proceso constructivo, operación y mantenimiento de ambas estructuras. Además, se desarrolló el estudio del impacto ambiental por acción de la variación de temperaturas sobre las superficies de pavimentos, para continuar con la evaluación del impacto ambiental (EIA) mediante el método de la Matriz de Leopold e identificar los posibles impactos significativos durante los trabajos de construcción, operación y mantenimiento en la ejecución de las dos alternativas de pavimentación en las vías de la zona de estudio. Con la finalidad, de determinar la mejor alternativa de diseño de pavimentos con materiales más “amigables” al medio ambiente.

Palabras claves: AASHTO, método de la Matriz de Leopold.

ABSTRACT

In the present study, the alternative of lower cost and less negative environmental impact to the environment has been determined, from the comparative analysis between the flexible pavement design alternatives to rigid urban pavements for the roads inside the UNALM campus, during the construction, operation and maintenance stages, in a period of analysis of 20 years. For the analysis, the design of new pavements was proposed in the campus lanes, since at present the existing pavements register faults at the surface level in different sections of roads, without having developed pavement conservation works, for which they have already fulfilled its life cycle. Then, the design thicknesses of the structural layers that make up each type of pavement (flexible and rigid) were calculated by applying the AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) method, and then proceeding to cost analysis during the construction process, operation and maintenance of both structures. In addition, the study of the environmental impact by action of the variation of temperatures on the surfaces of pavements was developed, to continue with the environmental impact assessment (EIA) by means of the Leopold's Matrix method and to identify the possible significant impacts during the works of construction, operation and maintenance in the execution of the two paving alternatives in the roads of the study area. In order to determine the best alternative design of pavements with more "friendly" materials to the environment.

Keywords: AASHTO, method of the Leopold Matrix.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

Los pavimentos son estructuras que conforman el diseño de la red de vías urbanas en el Perú, entre los más convencionales se encuentran los pavimentos flexibles (hechos de material bituminoso) y los rígidos (hechos de concreto). Ambos tipos de pavimentos tienen por finalidad permitir el tránsito de vehículos (livianos y pesados); además están conformados por una o varias capas superpuestas, que van absorber y disipar las cargas vehiculares a través de ellas, tal que minimicen los efectos de falla o deformación sobre el terreno preparado para soportarlas.

En el país, la ejecución de proyectos de construcción, ampliación y mejoramiento de pavimentos para la red de vías urbanas cumplen con los procedimientos y condiciones necesarias para generar un adecuado funcionamiento de las estructuras, a nivel constructivo, sin embargo, los proyectos no contemplan un programa de conservación de pavimentos adecuados a lo largo de su vida útil, con los cuales se lograría minimizar su deterioro continuo y evitaría generar un mayor costo en futuros proyectos de rehabilitación.

Para el diseño de vías con características (tráfico, suelos, clima) de diseño comunes, los costos en la ejecución de proyectos de pavimentos urbanos a nivel constructivo y durante su etapa de operación y mantenimiento, van a depender en gran medida de los materiales principales que componen las estructuras, ya que los procedimientos y requerimientos constructivos y de conservación son diferentes. Si bien es cierto existen estudios basados únicamente, en el análisis de costos para proyectos de pavimentación durante su etapa constructiva, en los cuales los pavimentos flexibles resultan ser de menor costo frente a los pavimento rígidos; sin embargo, es necesario que el análisis se extienda hasta la etapa de operación y mantenimiento, con el cual se logrará la mejor alternativa de menor costo entre los tipos de pavimentos del estudio para zonas urbanas.

Por otro lado, la problemática del cambio climático también condiciona la ejecución de este tipo de proyectos en zonas urbanas, debido a los impactos ambientales que se originan por el empleo de ciertos materiales “no amigables” al medio ambiente, durante su proceso constructivo, de conservación y hasta el fin de su vida útil. Principalmente, en los últimos años se registra un aumento de la temperatura ambiental en épocas de verano, por ende una mayor concentración de calor en el entorno; ya que, las calles están conformadas en mayor escala por la presencia de pavimentos urbanos, y estos a su vez, absorben una gran cantidad de energía emitida por la radiación solar y que es devuelta a la atmósfera en longitudes de onda, debido a sus propiedades térmicas, van a generar una mayor concentración de gases del efecto invernadero sobre el medio ambiente.

El campus de la UNALM se encuentra ubicada en el distrito de La Molina, actualmente cuenta con una red de vías urbanas conformadas por pavimentos a base de mezclas asfálticas, las cuales presentan numerosos baches, agrietamientos y desgastes en varios tramos de las vías. Además, en los últimos años, la estación de Von Humboldt instalada al interior del campus, registró las más altas temperaturas ambientales, que llegaron a alcanzar los 35 grados Celsius, que van a tener un efecto significativo a diario sobre las actividades de la población universitaria y su entorno, en este caso sobre las vías del campus. Siendo una necesidad el diseño de pavimentos con características económicas y ambientales sustentables en el tiempo.

La presente tesis tiene como fin realizar un análisis comparativo entre las dos alternativas de pavimentación (pavimentos flexibles y pavimentos rígidos) en vías del campus de la UNALM. Del cual se determinará la alternativa de menor costo, en un período de análisis de 20 años y la de menor impacto ambiental negativo al entorno por el empleo de ciertos materiales, como mezclas asfálticas en caliente y losas de concreto reforzadas, durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento en el diseño de pavimentos urbanos.

1.2. Objetivos de la Investigación

a. Objetivo General

- Realizar un análisis comparativo a nivel de costos e impacto ambiental, entre las opciones de pavimentación (pavimentos flexibles y pavimentos rígidos urbanos) de vías urbanas en el campus de la UNALM.

b. Objetivos Específicos

- Determinar el costo de construcción, operación y mantenimiento para el diseño de pavimentos flexibles y pavimentos rígidos urbanos en un período de análisis de 20 años, en el campus de la UNALM.
- Evaluar el impacto ambiental que generará la construcción de pavimentos flexibles y pavimentos rígidos urbanos, mediante el estudio de la variable temperatura en la superficie de los pavimentos, en el campus de la UNALM.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. PAVIMENTOS

Los pavimentos son estructuras que componen la red de vías urbanas, tienen por finalidad permitir el tránsito de vehículos y están conformados por una o varias capas superpuestas. Según Rengifo (2014), indica que los pavimentos van a proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.

El señor Torres Zirión (2007), en su trabajo de graduación, señala, que los pavimentos son elementos estructurales vitales que intervienen en la construcción de carreteras; dentro de los mismos se pueden encontrar los pavimentos flexibles, los cuales se encuentran conformados por las capas subrasante, sub-base, base y carpeta asfáltica. Por otro lado, se tienen los pavimentos rígidos, los cuales pueden estructurarse por la capa subrasante, base y losa de concreto.

Según la NORMA CE.010 PAVIMENTOS URBANOS (2010), indica que los pavimentos urbanos deberán cumplir con ciertos requisitos mínimos durante el diseño, construcción y mantenimiento de las estructuras, desde el punto de vista de la Mecánica de Suelos y de la Ingeniería de Pavimentos, a fin de asegurar la durabilidad, el uso racional de los recursos y el buen desempeño de pistas en zonas urbanas a lo largo de su ciclo de vida.

2.1.1. Pavimentos Flexibles

Son pavimentos conformados por capas superpuestas, principalmente a base de mezclas asfálticas (concreto asfáltico mezcla en caliente, concreto asfáltico mezcla en frío, mortero asfáltico, tratamiento asfáltico, micropavimento, etc.) en la capa de rodadura, y materiales granulares en las capas inferiores (sub-base, base).

Según Rico y De Castillo (1999), cita que todo pavimento flexible debe cumplir con las siguientes características fundamentales:

- Resistencia estructural: el pavimento debe ser capaz de soportar las cargas debidas al tránsito de tal manera que el deterioro sea paulatino y que se cumpla el ciclo de vida definido en el proyecto. La causa de falla en este tipo de pavimento con mayor aceptación es los esfuerzos cortantes. Sin embargo, también se producen esfuerzos adicionales por la aceleración y frenado de los vehículos así como esfuerzos de tensión en los niveles superiores de la estructura al deformarse esta verticalmente debido a la carga que soporta. Asimismo, el pavimento se encuentra sometido a carga actuantes repetitivas. Estas afectan a largo plazo la resistencia de las capas de relativa rigidez, que en los pavimentos flexibles serian sobre todo las carpetas y bases estabilizadas, donde podrían ocurrir fenómenos de fatiga. Además, la repetición de cargas puede causar la rotura de los granos del material granular modificando la resistencia de estas capas.
- Deformabilidad: el nivel de deformación del pavimento se debe controlar debido a que es una de las principales causas de falla en la estructura y si la deformación es permanentemente, el pavimento deja de cumplir las funciones para las cuales fue construido. Se presentan dos clases de deformaciones en una vía: elásticas (recuperación instantánea) y plásticas (permanentes).
- Durabilidad: una carretera que tenga un ciclo de vida prolongado en condiciones aceptables no solo evita la necesidad de construcción nueva, sino también la molestia de los usuarios de la vía al interrumpir el tránsito.
- Costo: se debe hallar un equilibrio entre el costo de construcción inicial y el mantenimiento al que tendrá que ser sometida la vía. Asimismo influye la calidad y la disponibilidad de los materiales para la estructura.
- Requerimiento de la conservación: las condiciones de drenaje y sub drenaje juegan un rol decisivo en el ciclo de vida del pavimento.
- Comodidad: una carretera tiene que resultar cómoda para los usuarios.

Según Montejo (2006), indica que los pavimentos flexibles están compuestos por:

- Carpeta asfáltica: es la capa superficial de la estructura. Tiene tres funciones principales: servir como superficie de rodamiento uniforme y estable para permitir el tránsito, impermeabilizar la estructura para evitar en lo posible la percolación del agua al interior del pavimento y ser resistente a los esfuerzos producidos por las cargas aplicadas.
- Base: sirve como apoyo a la carpeta asfáltica y transmite los esfuerzos producidos por el tránsito a las capas inferiores en un nivel adecuado.
- Sub-base: principalmente cumple con una función económica ya que permite la utilización de materiales de menor calidad en un porcentaje del espesor del pavimento. Entonces, dependiendo de la calidad y el costo del material disponible, se puede utilizar solo base o sub-base y base. Con la construcción de la sub-base, puede ser que el espesor final de la capa sea mayor, pero aun así resulta un diseño más económico. Además puede servir como una capa de transición ya que actúa como un filtro que separa a la base de la subrasante impidiendo que los finos penetren en la primera y la dañen estructuralmente. Esta capa ayuda a controlar los cambios volumétricos que podrían tomar lugar en la subrasante debido a cambios en su contenido de agua o a cambios de temperatura. De esta manera, las deformaciones serían absorbidas por la sub-base evitando que se reflejen en la carpeta asfáltica. En cuanto a resistencia cumple la misma función que las capas superiores de transmitir los esfuerzos a la subrasante. Por último, a través de esta capa se puede drenar el agua e impedir la ascensión capilar.



Figura N° 01: Capas que conforman las estructuras de Pavimentos Flexibles.

FUENTE: Giordani y Leone (2015)

2.1.2. Pavimentos Rígidos

Son pavimentos conformados por capas superpuestas, principalmente contruidos con hormigón de cemento Portland en la capa de rodadura y de materiales granulares para la capa inferior.

Según Montejo (2002), cita que la capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor de pavimento.

Los pavimentos rígidos, según Huang (2004), se clasifican de la siguiente manera:

- Pavimento articulado de concreto simple o *Jointed Plain Concrete Pavement* (JPCP): es la solución más económica con juntas espaciadas de manera cercana.
- Pavimento articulado de concreto reforzado o *Jointed Reinforced Concrete Pavement* (JRCP): si bien el refuerzo no aumenta a capacidad portante de la estructura, si permite espaciar las juntas un poco más. Asimismo, análogamente otra estructura de concreto reforzado como una viga, el acero puede mantener el concreto unido en caso se produzca una grieta o rotura.
- Pavimento continuo de concreto reforzado o *Continuous Reinforced Concrete Pavement* (CRCP): con esta clase se pueden eliminar las juntas transversales, pero el espesor de la losa es igual al de los dos tipos antes mencionados (JPCP y JRCP).
- Pavimento de concreto preesforzado o *Prestressed Concrete Pavement* (PCP): al ser aplicada una precompresion, los esfuerzos de tensión o tracción disminuyen cuando la estructura es sometida a cargas. Por lo tanto, la probabilidad de agrietamiento es menor y también se puede utilizar un menor número de juntas transversales. No obstante, no es una solución ni muy económica ni muy práctica si se tiene en cuenta el enorme trabajo que implica la etapa de construcción.

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013), los pavimentos de concreto con juntas son los que mejor se aplican a la realidad nacional debido a su buen desempeño y a los períodos de diseño que usualmente se emplean. Por lo cual se propone la aplicación de pavimentos de concreto con juntas, tal como lo señala en el Manual de Carreteras, Suelos, Geotecnia y Pavimentos.

- Losa de Concreto: es la capa superior conformada por cemento Portland, agregados finos y gruesos, agua y aditivos. El concreto alcanzará una resistencia a los 28 días del vaciado, mayores a 210 kg/cm^2 . Sus funciones son similares a la carpeta asfáltica, soporta y transmite adecuadamente los esfuerzos provenientes de la superficie a las capas inferiores.
- Sub-base o Base: sirve como una capa de apoyo a la losa de concreto. También, el material seleccionado para el diseño de esta capa tiene propiedades adecuadas de drenaje, con la cual se logra evacuar rápidamente el agua, evitando la acumulación.

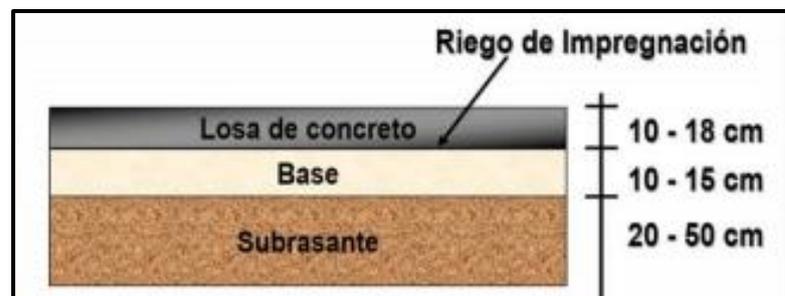


Figura N° 02: Capas que conforman las estructuras de Pavimentos Rígidos.

FUENTE: Giordani y Leone (2015).

2.2. DISEÑO DE PAVIMENTOS

2.2.1. Método de “Guía de Diseño de AASHTO 1993”

Según Huang (2004), indica que el método de AASHTO (1993), es un método de regresión basado en pistas de prueba. Este tipo de método desarrolla las relaciones entre las variables de diseño y los espesores del pavimento basados en tramos o pistas de prueba. Estas secciones o tramos de prueba son construidas para cubrir un determinado rango de variación que permita tener relaciones entre tráfico, carga por eje, tipo de material, clima, y suelo de fundación con la condición estructural o funcional del pavimento.

Los factores de diseño que afectan el desempeño de los pavimentos son:

a. Estudios de Tráfico

El tráfico es uno de los factores más importantes en el diseño de pavimentos. Existen diferentes métodos para su determinación, la mayoría de ellas se basan en transformar los diferentes tipos de vehículos en un eje estándar equivalente para, posteriormente, calcular el número de repeticiones de ejes equivalentes en el período de diseño del pavimento (ESAL).

El estudio de tráfico determinará el Índice Medio Diario Anual (IMDA). Por lo que, también es importante la determinación de la tasa de crecimiento vehicular por tipo de vehículo. Esta es determinada según las condiciones poblacionales y económicas de la zona de influencia de la carretera.

Para la estimación del tráfico de diseño se considera los siguientes factores:

a.1. Clasificación de Vehículos

Los tipos de vehículos y sus características están definidas en el Reglamento Nacional de Vehículos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2003).

Tabla N° 01: Configuraciones de Ejes.

CONJUNTO DE EJE(S)	NOMENCLATURA	NÚMERO DE NEUMÁTICOS	PESO MÁXIMO POR EJE(S) (t)
Eje Simple (con rueda simple)	1RS	02	7
Eje Simple (con rueda doble)	1RD	04	11
Eje Tándem (1 eje de rueda simple + 1 rueda doble)	1RS + 1RD	06	16
Eje Tándem (2 ejes de rueda doble)	2RD	08	18
Eje Trídem (1 eje de rueda simple + 2 ejes de rueda doble)	1RS + 2RD	10	23
Eje Trídem (3 ejes de rueda doble)	3RD	12	25

FUENTE: Reglamento Nacional de Vehículos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2003).

Tabla N° 02: Tabla de Pesos y Medidas.

CONFIGURACIÓN VEHICULAR	PESO MÁXIMO (t)				
	EJE DELANTERO	CONJUNTO DE EJES POSTERIORES			
		1°	2°	3°	4°
Automóviles	7	7	-	-	-
C2	7	11	-	-	-
C3	7	18	-	-	-
C4	7	23(1)	-	-	-
T2S3	7	11	25	-	-
T3S3	7	18	25	-	-
B2	7	11	-	-	-
B3-1	7	16	-	-	-

FUENTE: Reglamento Nacional de Vehículos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2003).

a.2. Estimación de la Tasa de Crecimiento

Este factor se podrá estimar de dos formas: con información histórica del crecimiento del tráfico en la vía de estudio o mediante indicadores macroeconómicos. Posteriormente, se proyecta el flujo de vehículos dentro de los años que contemplará el diseño.

Existen diferentes métodos para la estimación de la tasa de crecimiento poblacional, los más conocidos son:

- **Método Aritmético**

Este método se emplea cuando la población se encuentra en franco crecimiento. (Vierendel, 2015).

Fórmula N° 01: Cálculo de la población futura.

$$P = P_0 + r (t - t_0)$$

Donde:

P = Población futura.

P₀ = Población inicial.

r = Tasa de crecimiento a calcular.

t = Tiempo futuro.

t₀ = Tiempo inicial.

- **Método Geométrico**

En este método se considera que la población crece en forma semejante a un capital puesto a un interés compuesto, y se emplea cuando la población está en su iniciación o periodo de saturación más no cuando está en el período de franco crecimiento. (Vierendel, 2015).

Fórmula N° 02: Cálculo de la población futura.

$$P = P_0 \times (1 + r)^t$$

Donde:

P = Población futura.

P₀ = Población inicial.

r = Tasa de crecimiento a calcular.

t = Período de tiempo.

a.3. Factores Destructivos

Denominado factor destructivo o factor de eje equivalente, el cual se obtiene de la relación entre el daño ocasionado por un determinado eje cargado con respecto a un eje estándar de 1800 libras (80 KN) de carga dual. El cálculo de este factor va a depender del tipo de pavimento que se plantea diseñar.

a.4. Proyección del Tráfico

Finalmente, por el método de AASHTO (1993), se calculará el Número de Ejes Equivalentes, a partir de los datos obtenidos del tráfico medio diario y de sus factores de diseño, para el tramo de estudio.

b. Estudios de Mecánica de Suelos

El estudio de mecánica de suelos es importante para definir las características físicas y mecánicas del suelo, con el cual se determinará los parámetros de resistencia del suelo ante efectos de carga (suelo de fundación). Asimismo, se realizarán los ensayos que serán necesarios para caracterizar el material granular que compone las capas inferiores de los pavimentos (base y sub-base).

b.1. Características del Suelo de Fundación

El suelo de fundación, es la capa que sirve de apoyo para la estructura del pavimento, el cual será preparado y compactado. Se seguirá una metodología para lograr caracterizar el suelo de fundación.

- **Metodología**

- Trabajo de Campo. La NORMA CE.010 PAVIMENTOS URBANOS (2010), indica cuales son los trabajos de investigación en campo, a realizarse para la caracterización de los suelos, a continuación:

Tabla N° 03: Normas técnicas de los trabajos de investigación en campo.

NORMA	DENOMINACIÓN
MTC E101-2000	Pozos, calicatas, trincheras y zanjas.
NTP 339.143:1999	SUELOS. Método de ensayo estándar para la densidad y el peso unitario del suelo in-situ mediante el método del cono de arena.
NTP 339.144:1999	SUELOS. Método de ensayo estándar para la densidad in-situ de suelo y suelo-agregado por medio de métodos nucleares (Profundidad superficial).
NTP 339.250:2002	SUELOS. Método de ensayo para la determinación en campo del contenido de humedad, por el método de presión del gas carburo de calcio. 1a. Ed.
NTP 339.150:2001	SUELOS. Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual manual.
NTP 339.161:2001	SUELOS. Práctica para la investigación y muestreo de suelos por perforaciones con barrena.
NTP 339.169:2002	SUELOS. Muestreo geotécnico de suelos con tubos de pared delgada.
NTP 339.172:2002	SUELOS. Método de prueba normalizada para el contenido de humedad de suelo y roca in situ por métodos nucleares (poca profundidad).
NTP 339.175:2002	SUELOS. Método de ensayo normalizado in-situ para CBR (California Bearing Ratio-Relación del Valor Soporte) de suelos.
ASTM D 6951	Método estándar de ensayo para el uso del penetrómetro dinámico de Cono en aplicaciones superficiales de pavimentos.

FUENTE: Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos (2010)

El número mínimo de puntos a seleccionar es de tres, sobre los cuales se realizarán los trabajos de investigación en campo; la cantidad de estos, estarán en función del tipo de vía a diseñar.

Tabla N° 04: Número de puntos por tipo de vías.

TIPO DE VÍA	NÚMERO MÍNIMO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	ÁREA (m ²)
Expresas	1 cada	2000
Arteriales	1 cada	2400
Colectoras	1 cada	3000
Locales	1 cada	3600

FUENTE: Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos (2010).

- Trabajo de Laboratorio. De todas las muestras obtenidas, se realizarán los siguientes ensayos:

Tabla N° 05: Normas técnicas de los trabajos de investigación en laboratorio.

NORMA	DENOMINACIÓN
NTP 339.127:1998	SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.
NTP 339.128:1999	SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
NTP 339.129:1999	SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.
NTP 339.131:1999	SUELOS. Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de sólidos de un suelo.
NTP 339.134:1999	SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (SUCS Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).
NTP 339.139:1999	SUELOS. Determinación del Peso volumétrico de suelos cohesivo.
NTP 339.141:1999	SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m ³ (56000 pie-lbf/pie ³)).
NTP 339.144:1999	SUELOS. Métodos de ensayos estándar para la densidad in situ del suelo y suelo agregado por medio de métodos nucleares (profundidad superficial).
NTP 330.145:1999	SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.
NTP 339.146:2000	SUELOS. Método de prueba estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.
NTP 339.147:2000	SUELOS. Método de ensayo de permeabilidad de suelos granulares (carga constante).

FUENTE: Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos (2010).

- Trabajo de Gabinete. De la información obtenida de los trabajos de campo y de los resultados de los trabajos de laboratorio, se efectuará la clasificación de suelos utilizando los Sistemas AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) y SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

- **CBR de la Subrasante**

Es el nivel del fondo del suelo de fundación, sobre la cual se asentará las capas granulares y la estructura del pavimento. Los valores del CBR (*California Bearing Ratio*) representativo para el diseño, se clasifican a continuación:

Tabla N° 06: Caracterización de la Subrasante.

CLASIFICACIÓN	CBR _{diseño}
S0 : Subrasante muy pobre	< 3%
S1 : Subrasante pobre	3% - 5%
S2 : Subrasante regular	6% - 10%
S3 : Subrasante buena	11% - 19%
S4 : Subrasante muy buena	> 20%

FUENTE: Manual de Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

- **Sectores de Características Homogéneas**

A partir de la toma de muestras en cada excavación y de su análisis, se definirán los sectores homogéneos, en donde a lo largo de cada uno de ellos, se identificarán las características del material del suelo de fundación como uniforme.

Las propiedades fundamentales a tomar en cuenta son:

- **Análisis Granulométrico**

Los ensayos del análisis granulométrico de un suelo, servirán para determinar la proporción de las partículas que son parte de su composición, el cual será clasificado en cuanto a su tamaño.

Tabla N° 07: Tamaño de partículas del material presente en un suelo.

TIPO DE MATERIAL	TAMAÑO DE LAS PARTICULAS
Grava	75 mm - 2 mm
Arena	Arena gruesa: 2 mm - 0.2 mm
	Arena fina: 0.2 mm - 0.05 mm
Limo	0.05 mm - 0.005 mm
Arcilla	Menor a 0.005 mm

FUENTE: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008).

- Clasificación de los suelos

Con la muestra seleccionada de la exploración de campo se lleva a cabo ensayos estándares de laboratorio con fines de identificación y clasificación de suelo según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (AASHTO y SUCS). A continuación se presenta una correlación de los dos sistemas de clasificación más difundidos, AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) y SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

Tabla N° 08: Clasificación de Suelos AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) y Clasificación de Suelos SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M-145	Clasificación de Suelos SUCS ASTM-D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

FUENTE: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

- Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg son ensayos de laboratorio que permite obtener los límites de contenido de humedad en un suelo.

El límite líquido es el contenido de humedad en un suelo, en el límite entre el estado semi-líquido y plástico.

El límite plástico es el contenido de humedad en un suelo, en el límite entre los estados semi-sólido y plástico.

El índice de plasticidad es la diferencia entre los límites líquido y plástico, el cual se define como un rango de humedad dentro del cual un suelo se mantiene plástico.

Fórmula N° 03: Índice de Plasticidad.

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP = Índice de Plasticidad.

LL = Límite Líquido.

LP = Límite Plástico.

El índice de plasticidad permite clasificar bastante bien un suelo. Se puede clasificar de la siguiente manera:

Tabla N° 09: Caracterización del Suelo en función del Índice de Plasticidad.

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICA
$IP > 20$	Suelos muy arcillosos
$20 > IP > 10$	Suelos arcillosos
$10 > IP > 4$	Suelos pocos arcillosos
$IP = 0$	Suelos exentos de arcilla

FUENTE: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008).

- Equivalente de arena (EA)

El valor de Equivalente de Arena es un indicativo de la plasticidad del suelo:

Tabla N° 10: Caracterización del Suelo en función del Equivalente de Arena (EA).

EQUIVALENTE DE ARENA	CARACTERÍSTICA
$sí EA > 40$	El suelo no es plástico, es de arena.
$sí 40 > EA > 20$	El suelo es poco plástico
$sí EA < 20$	El suelo es plástico y arcilloso.

FUENTE: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008).

- Humedad natural

La resistencia de los suelos de subrasante, está directamente asociado con las condiciones de humedad y densidad que estos suelos presenten.

- Ensayos de valor de soporte de California o CBR (*California Bearing Ratio*)

Este ensayo se encarga de medir la resistencia al corte de un suelo en condiciones de humedad y densidad trabajadas, con el cual se obtendrá el porcentaje de relación de soporte. La finalidad de este ensayo es conocer las condiciones reales y adecuadas que tendrá el suelo que servirá como base de fundación para el diseño del pavimento.

b.2. Características de las Capas Granulares

Los materiales que serán parte del diseño de las capas granulares, deberán cumplir los requerimientos que se dan a continuación:

- De la Sub-base:

Tabla N° 11: Requerimientos Granulométricos para Sub-Base Granular.

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA EN PESO			
	GRADACIÓN A*	GRADACIÓN B	GRADACIÓN C	GRADACIÓN D
50 mm (2")	100	100	-	-
25 mm (1")	-	75 - 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
4.75 mm (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 um (N° 40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
75 um (N° 200)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 - 15

FUENTE: Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos (2010).

* La curva de gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 msnm.

Tabla N° 12: Requerimientos de Calidad para Sub-Base Granular.

ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTO	
		< 3000 msnm	> 3000 msnm
Abrasión Los Ángeles	NTP 400.019:2002	50 % máximo	
CBR de laboratorio	NTP 339.145:1999	30 - 40 % mínimo*	
Límite Líquido	NTP 339.129:1999	25 % máximo	
Índice de Plasticidad	NTP 339.129:1999	6 % máximo	4 % máximo
Equivalente de Arena	NTP 339.146:2000	25 % mínimo	35 % mínimo
Sales Solubles Totales	NTP 339.152:2002	1 % máximo	

FUENTE: Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos (2010).

* 30 % para pavimentos rígidos y 40 % para pavimentos flexibles.

- De la Base:

Tabla N° 13: Requerimientos Granulométricos para Base Granular.

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA EN PESO			
	GRADACIÓN A*	GRADACIÓN B	GRADACIÓN C	GRADACIÓN D
50 mm (2")	100	100	-	-
25 mm (1")	-	75 - 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
4.75 mm (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 um (N° 40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
75 um (N° 200)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 - 15

FUENTE: Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos (2010).

* La curva de gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 msnm.

Tabla N° 14: Valores de CBR (*California Bearing Ratio*) en función del tipo de vía.

Tipo de Vías	Valor Relativo de Soporte de CBR
Vías Locales y Colectoras	Mínimo 80 %
Vías Arteriales y Expresas	Mínimo 100 %

FUENTE: Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos (2010).

Tabla N° 15: Requerimientos del Agregado Grueso de Base Granular.

ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTO	
		< 3000 msnm	> 3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E210-2000	80 % mínimo	
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E210-2000	40 % mínimo	50 % mínimo
Abrasión Los Ángeles	NTP 400.019:2002	40 % máximo	
Sales Solubles	NTP 339.152:2002	0.5 % máximo	
Pérdida con Sulfato de Sodio	NTP 400.016:1999	-	12 % máximo
Pérdida con Sulfato de Magnesio	NTP 400.016:1999	-	18 % máximo

FUENTE: Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos (2010).

Tabla N° 16: Requerimientos del Agregado Fino de Base Granular.

ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTO	
		< 3000 msnm	> 3000 msnm
Índice Plástico	NTP 339.129:1999	4 % máximo	2 % máximo
Equivalente de Arena	NTP 339.146:2000	35 % mínimo	45 % mínimo
Sales Solubles	NTP 339.152:2002	0.5 % máximo	
Índice de Durabilidad	MTC E214-2000	35 % mínimo	

FUENTE: Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos (2010).

c. Datos Pluviométricos

Según Rengifo (2014), indica que esta información se obtendrá del registro de las estaciones meteorológicas o pluviómetros instalados en la zona de estudio, los parámetros necesarios para el estudio es la precipitación anual y media mensual durante varios años para obtener un registro confiable. A partir de esta información se podrá determinar el coeficiente de drenaje (C_d) necesario en la metodología de AASHTO (1993), para pavimentos rígidos o para hallar el valor de (m) que modifica los coeficientes estructurales de las capas en los pavimentos flexibles.

2.3. DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

2.3.1. Método de “Guía de Diseño de AASHTO 1993”.

Este método es aplicado para el cálculo de los espesores de las diferentes capas que conforman los pavimentos flexibles (capa de rodadura, base y subbase). Para la determinación de los espesores de capas se usarán tablas y nomogramas propuestos en la guía.

a. Período de Análisis o de Diseño

Los pavimentos flexibles se diseñan con un mínimo de 10 años antes de su rehabilitación, para caminos de bajo volumen de tránsito.

b. Variables

La ecuación básica para el diseño de la estructura de un pavimento flexible es la siguiente:

Fórmula N° 04: Ecuación para el diseño de las estructuras de Pavimentos Flexibles.

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_O + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

FUENTE: Guía de Diseño de ASSHTO (1993).

Donde:

Las variables de entrada en la fórmula N° 04, se describen a continuación:

b.1. W_{18} (ESAL pavimento flexible)

Es el Número de Ejes Equivalentes a 18000 lb (80 kN) que se obtiene del estudio de tráfico realizado durante el período de análisis, el cual corresponde al número de repeticiones de Ejes Equivalentes estándar de 8.20 toneladas (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

b.2. Módulo de Resiliencia (M_R)

Es la medida que representa la rigidez de un suelo. Para efectos de diseño, se requiere calcular el módulo de resiliencia de la subrasante, por el cual se empleará la ecuación que esta función del valor del CBR (*California Bearing Ratio*) del suelo de fundación.

Fórmula N° 05: Módulo de Resiliencia

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

Donde:

M_R = Módulo de Resiliencia.

CBR = CBR de la Subrasante.

b.3. Confiabilidad (% R)

La confiabilidad representa el nivel de probabilidad que tiene una estructura de pavimento diseñada para durar a través de un análisis durante su período de diseño.

b.4. Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Z_r)

El valor del coeficiente estadístico de desviación estándar normal corresponde al nivel de confiabilidad seleccionada.

b.5. Desviación Estándar Combinada (S_0)

Es un valor que relaciona la desviación estándar de la predicción del tránsito en el período de diseño con la desviación estándar de la predicción del comportamiento del pavimento. La “Guía de Diseño de AASHTO 1993”, recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de S_0 comprendidos entre 0.40 y 0.50.

b.6. Índice de Serviciabilidad Presente (ΔPSI)

El Índice de Serviciabilidad es la condición de un pavimento para proveer un manejo seguro y confortable a los usuarios en un determinado momento. Su valor varía de 0 a 5.

Tabla N° 17: Condiciones de una vía en función del Índice de Serviciabilidad.

Índice de Serviciabilidad	Calificación
0 - 1	Muy mala
1 - 2	Mala
2 - 3	Regular
3 - 4	Buena
4 - 5	Muy buena

FUENTE: Manual de Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

La serviciabilidad inicial es la condición de una vía recientemente construida. La serviciabilidad terminal es la condición de una vía que ha alcanzado la necesidad de algún tipo de rehabilitación o reconstrucción. La variación de serviciabilidad es la diferencia entre la serviciabilidad inicial y terminal asumida para el proyecto en desarrollo.

Fórmula N° 06: Variación de Serviciabilidad.

$$\Delta PSI = p_o - p_t$$

Donde:

p_o = Serviciabilidad Inicial.

p_t = Serviciabilidad Final.

ΔPSI = Variación de Serviciabilidad.

b.7. Número Estructural Requerido (SN)

El resultado de las variables señaladas anteriormente, son aplicadas en la ecuación del método de AASHTO (1993), para obtener el Número Estructural, que representa el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirán, mediante el uso de los coeficientes estructurales; esta conversión se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

Fórmula N° 07: Número Estructural Requerido (SN).

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 = Coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente.

d_1, d_2, d_3 = Espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente.

m_2, m_3 = Coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente.

El cálculo del Número Estructural, también se puede obtener por el método gráfico, con el uso del nomograma de la figura 3.1 de la página II-32 de la “Guía de Diseño de AASHTO 1993”, que se muestra a continuación:

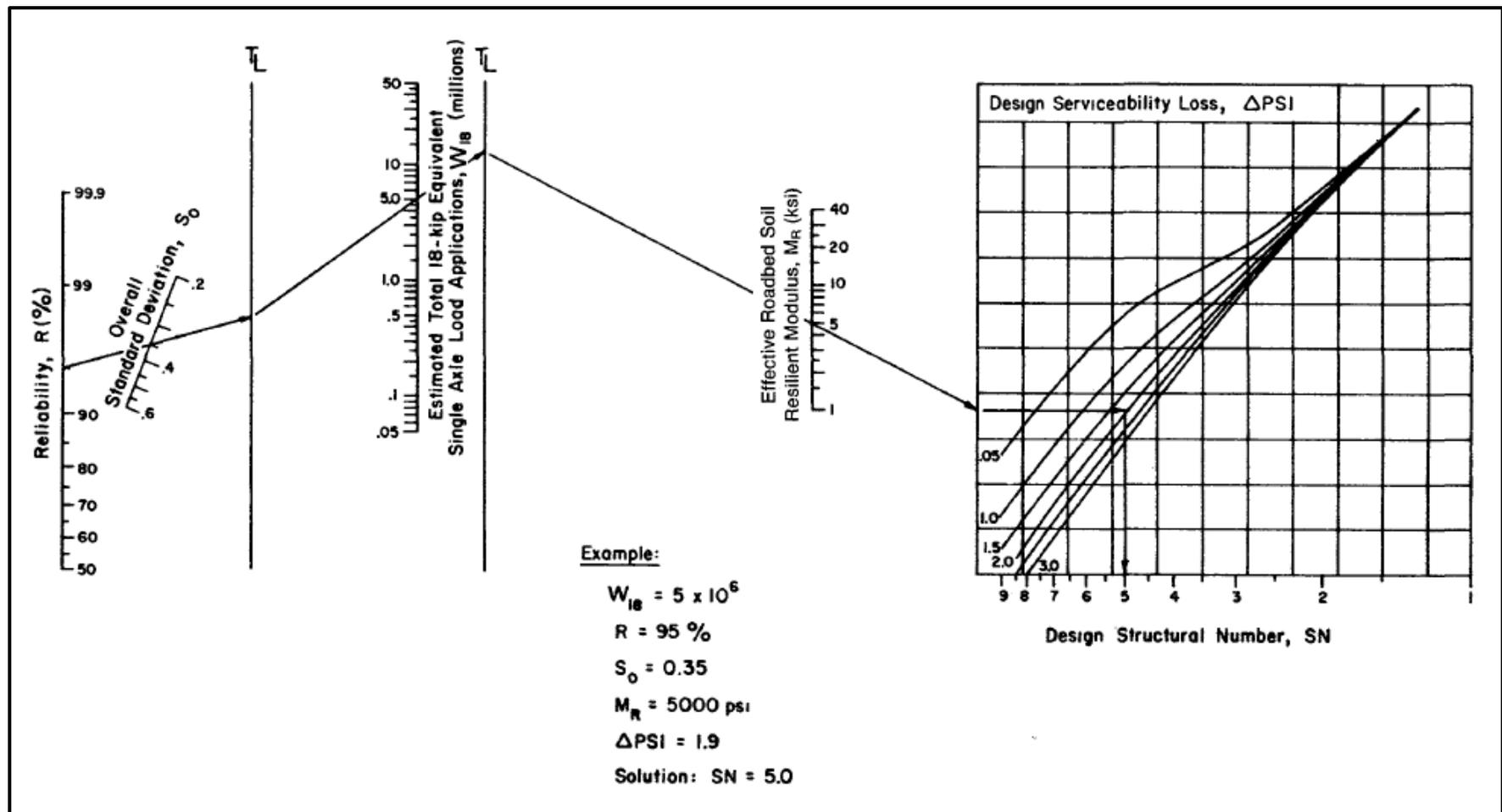


Figura N° 03: Nomograma para el cálculo del Número Estructural (SN) en pavimentos flexibles.

FUENTE: Guía de Diseño de AASHTO (1993).

- **Coefficientes estructurales de las capas (a_1, a_2, a_3)**

Representan la capacidad estructural del material para resistir las cargas solicitantes. La “Guía de Diseño de AASHTO 1993”, propone el método gráfico para el cálculo de estos coeficientes, además de la aplicación de las fórmulas mostradas a continuación:

Fórmula N° 08: Coeficiente Estructural (a_2).

$$a_2 = 0.249 \log(Mr_{base}) - 0.977$$

Donde:

Mr_{base} = Módulo de resiliencia de la capa base granular.

Fórmula N° 09: Coeficiente Estructural (a_3).

$$a_3 = 0.227 \log(Mr_{subbase}) - 0.839$$

Donde:

$Mr_{subbase}$ = Módulo de resiliencia de la capa subbase granular.

- **Coefficientes de drenaje (m_2, m_3)**

El coeficiente de drenaje indica la calidad de drenaje del material presente en las capas de la estructura del pavimento y se relaciona en términos del tiempo en que el agua tarda en ser eliminada de las capas granulares (capa base y subbase).

- **Espesores de las capas (d_1, d_2, d_3)**

Los espesores de las capas finales deben cumplir con determinados valores mínimos por razones constructivas, de tráfico y del tipo estructural. Determinado el Número Estructural, se realizarán tanteos para diferentes espesores, también se asignarán dimensiones a cada una de las capas consideradas, luego se determinará la calidad de materiales empleados a través de un coeficiente estructural y finalmente se determinarán los números estructurales parciales; sumado deben satisfacer el valor total requerido.

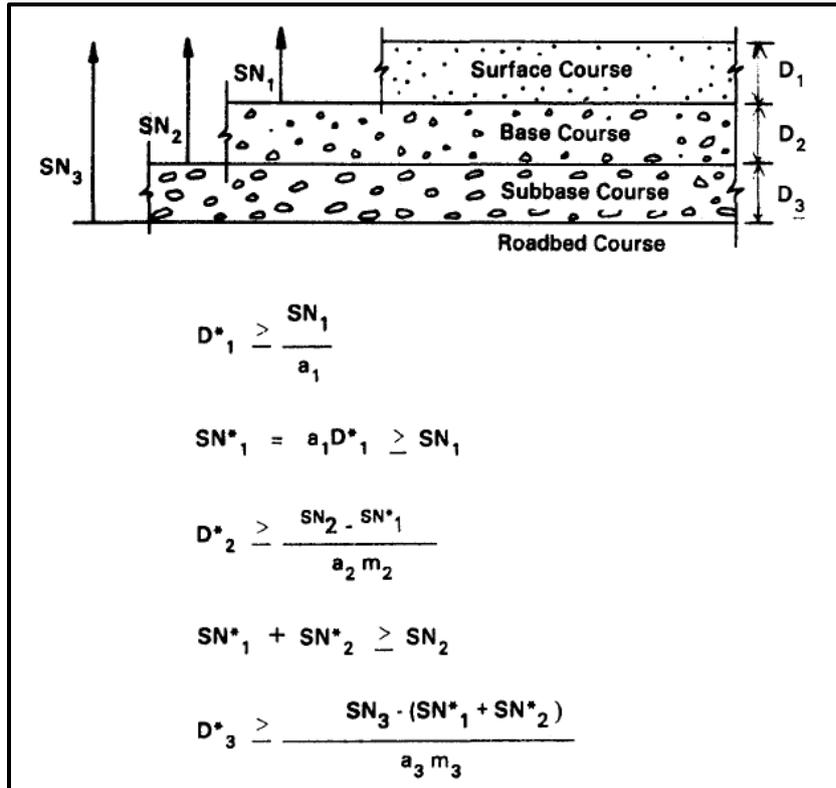


Figura N° 04: Procedimiento para determinar los espesores de diseño de las capas de Pavimentos Flexibles.

FUENTE: Guía de Diseño de AASHTO (1993).

2.4. DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

2.4.1. Método de “Guía de Diseño de AASHTO 1993”.

Este método es aplicado para el cálculo del espesor de la losa de concreto mediante un proceso iterativo. Para la determinación de los espesores de capas se usaran tablas y nomogramas propuestos en la guía, el cual está en función al comportamiento de los pavimentos en base a las cargas vehiculares que soporta y a la resistencia de la subrasante.

a. Período de Análisis o de Diseño

Los pavimentos rígidos se diseñan con un mínimo de 20 años antes de su rehabilitación, para caminos de bajo volumen de tránsito.

b. Variables

La ecuación básica para el diseño de la estructura de un pavimento rígido es la siguiente:

Fórmula N° 10: Ecuación para el diseño de la estructura de Pavimentos Rígidos.

$$\text{Log}_{10}W_{82} = Z_r S_o + 7.35\text{Log}_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta \text{PSI}}{4.5-1.5}\right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_i) \times \text{Log}_{10}\left[\frac{M_r C_{dx} (0.09D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J \left(0.09D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}}\right)}\right]$$

FUENTE: Manual de Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

Donde:

Las variables de entrada en la fórmula N° 10, se describen a continuación:

b.1. W_{82} (ESAL para pavimento rígido)

Su cálculo depende del Índice Medio Diario Anual de vehículos que transitan por una vía por día. Esta variable se logra a partir del estudio de tráfico realizado en el tramo de estudio.

b.2. Serviciabilidad (Δ PSI)

La “Guía de Diseño de ASSHTO (1993)”, propone una serviciabilidad inicial de 4.5 y una serviciabilidad final de 3, para pavimentos de concreto.

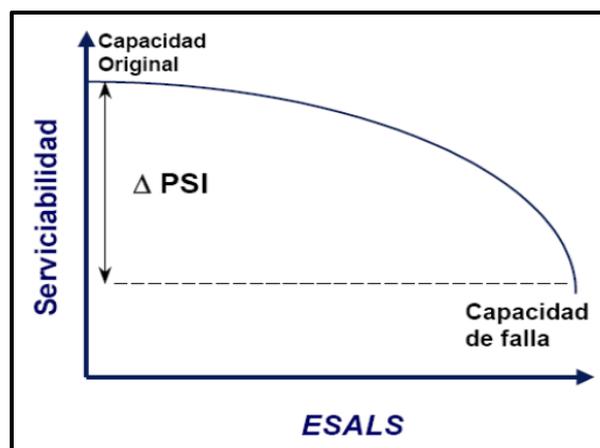


Figura N° 05: Capacidad de carga de un pavimento antes de fallar.

FUENTE: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008).

b.3. La confiabilidad (% R)

La “Guía de Diseño de AASHTO (1993)”, propone ciertos valores de confiabilidad en cuanto al tipo de vía a diseñar.

Tabla N° 18: Niveles de Confiabilidad (% R) en función al tipo de vía.

TIPO DE VÍA	NIVELES DE CONFIABILIDAD (%)	
	URBANA	INTERURBANA
Autopistas y carreteras importantes	85 - 99.9	85 - 99.9
Arteria principal	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

FUENTE: Guía de Diseño de AASHTO (1993).

b.4. Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Z_r)

Este valor está en función al porcentaje confiabilidad seleccionada.

b.5. Desviación Estándar Combinada (S_0)

La “Guía de Diseño de AASHTO (1993)”, sugiere un valor comprendido entre 0.30 y 0.40, en el cual recomienda $S_0 = 0.35$.

b.6. Propiedades del concreto (E_c , M_r)

Para el cálculo del módulo de elasticidad del concreto (E_c), se aplica la ecuación en función de la resistencia a la compresión (Rengifo, 2014).

Fórmula N° 11: Módulo de Elasticidad del Concreto.

$$E_c = 15,000(f'_c)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

E_c = Módulo de Elasticidad del Concreto.

f'_c = Resistencia a la Compresión del Concreto.

La resistencia a la flexión se expresa como el Módulo de Rotura y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C-78.

Fórmula N° 12: Módulo de Rotura del Concreto.

$$M_r = a\sqrt{f'c}$$

Donde:

M_r = Módulo de Rotura.

a = Constante que varía entre 1.99 y 3.18.

b.7. Módulo de reacción de la subrasante (K)

Para su cálculo se emplea el método gráfico propuesto en la “Guía de Diseño de AASHTO (1993)”, en función de los valores del módulo de resiliencia, espesor y coeficiente de elasticidad de la subrasante.

b.8. Coeficiente de transferencia de carga (J)

Este factor se considera para tener en cuenta la capacidad del pavimento de concreto para transmitir las cargas a través de las discontinuidades (juntas).

Tabla N° 19: Valores del coeficiente de transferencia de carga (J).

TIPO DE BERMA	J			
	GRANULAR ASFÁLTICA		CONCRETO HIDRÁULICO	
VALORES DE J	SÍ (con pasadores)	NO (con pasadores)	SÍ (con pasadores)	NO (con pasadores)
	3.2	3.8 - 4.4	2.8	3.8

FUENTE: Manual de Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

b.9. Coeficiente de drenaje (C_d)

Su valor depende de la precipitación media anual y de las condiciones de drenaje.

b.10. Espesor de la losa de concreto (D)

Se determinará el espesor de la losa de concreto mediante un proceso iterativo, con el apoyo del uso de nomogramas propuestas en la “Guía de Diseño de AASHTO (1993)” y asumiendo valores mínimos para el espesor de la capa granular.

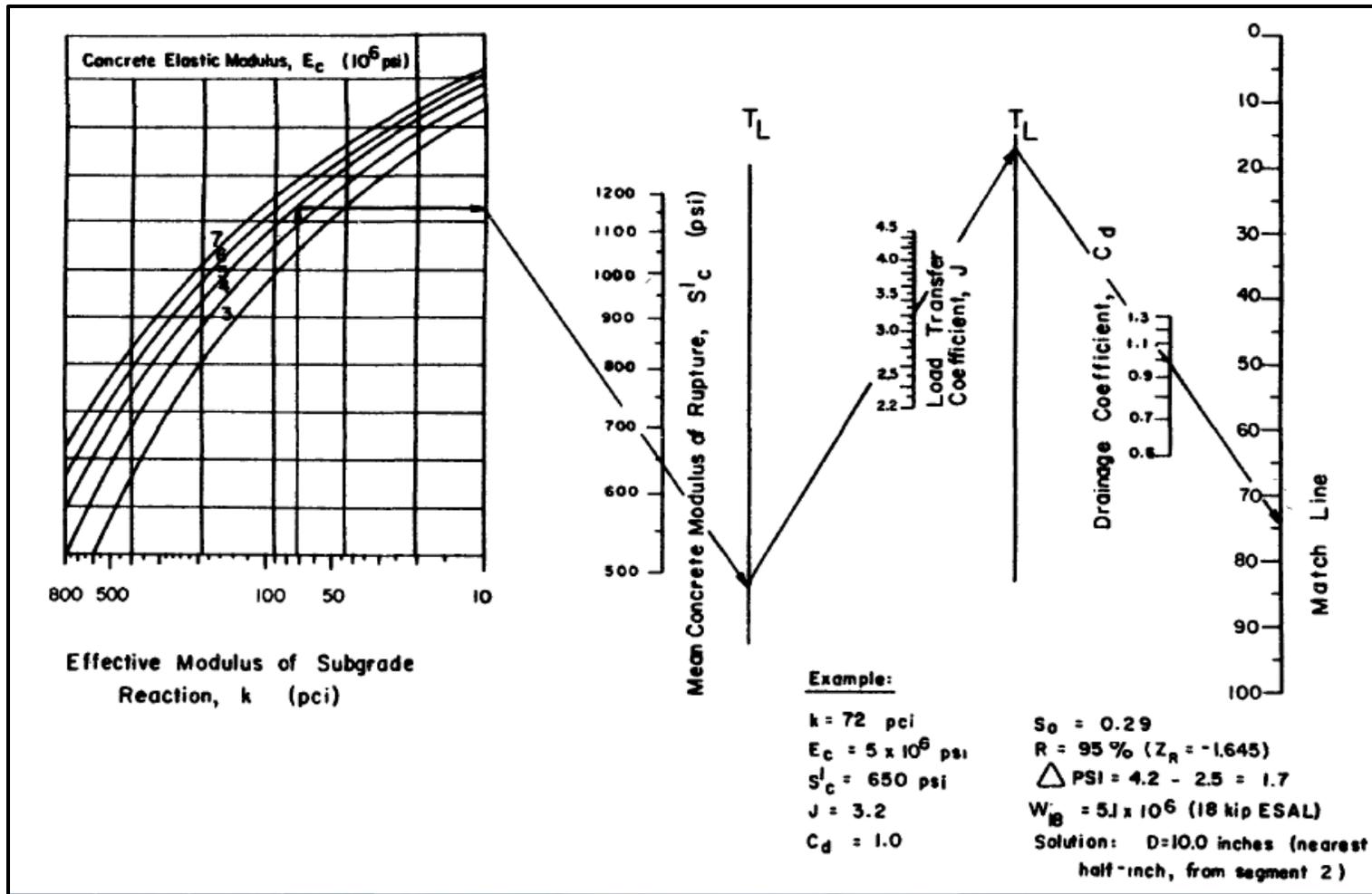


Figura N° 06: Nomograma del cálculo del espesor de losa en pavimentos rígidos (parte I).

FUENTE: Guía de Diseño de AASHTO (1993).

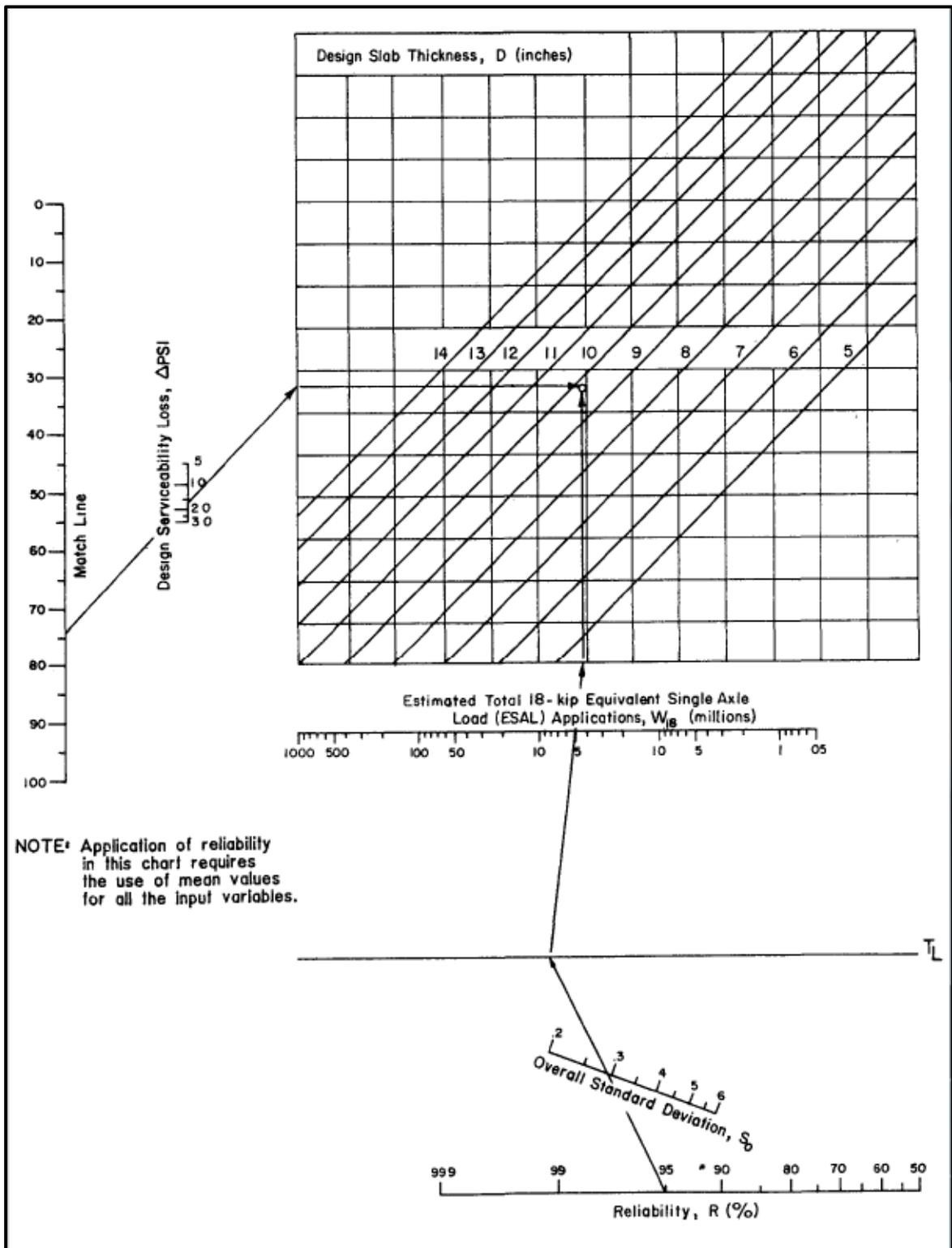


Figura N° 07: Nomograma del cálculo del espesor de losa en pavimentos rígidos (parte II).

FUENTE: Guía de Diseño de AASHTO (1993).

2.5. ANÁLISIS DE COSTOS EN PAVIMENTOS

- Costos de partidas para el Proceso Constructivo de Pavimentos

Son los costos asociados para cada partida considerada durante el proceso constructivo de pavimentos, en función a sus requerimientos técnicos (planos, metrados, análisis de precios unitarios y especificaciones técnicas).

- Costos de partidas durante el Programa de Mantenimiento en Pavimentos

Son los costos asociados para cada partida seleccionada durante el programa de mantenimiento rutinario y periódico en pavimentos, en función a sus requerimientos técnicos (niveles de servicio, planos, metrados, análisis de precios unitarios y especificaciones técnicas).

2.5.1. Presupuesto de Pavimentos

Es el costo total del proyecto y comprende las partidas genéricas y específicas, alcances, definiciones y unidades de medida acorde a lo establecido en el “Glosario de Partidas”, aplicable a obras de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras y puentes, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Su cálculo está en función de las partidas y sub-partidas de obra, metrados y el análisis de precios unitarios; y el costo de gastos generales, impuestos y demás requeridos.

- **Partidas y Sub-partidas**

Son las actividades o trabajos considerados para la ejecución de la obra, el cual contempla el empleo de mano de obra, materiales, equipos y herramientas.

- **Metrados**

Se encarga de la cuantificación de las partidas consideradas para la ejecución de la obra, en el cual se precisará su unidad de medida en concordancia con lo establecido en la Norma Técnica de Metrados para Obras de Edificación y Habilitaciones Urbanas.

- **Análisis de Precios Unitarios**

El análisis de precios unitarios, contempla los costos de mano de obra, de materiales y de equipos necesarios para la ejecución de las partidas correspondientes.

Los costos unitarios de mano de obra estarán en función a los rendimientos mínimos oficiales para las provincias de Lima y Callao, establecido por Resolución Ministerial N° 175 del 09.04.68.

2.6. PARTIDAS DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

a. Perfilado y Compactado de Subrasante

Es la actividad a ejecutar para la preparación y conformación de la superficie terminada de la vía, sobre la cual se construirá la estructura del pavimento.

• Procedimiento de ejecución

- Preparación de la superficie: esta superficie deberá tener la humedad apropiada, para proceder con la conformación y compactación del suelo.
- Nivelado del suelo: el nivel de superficie será conformado en función a las pendientes longitudinales y transversales de diseño.
- Compactación del suelo: los últimos 0.30 m del suelo de fundación será compactado al 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado.

b. Sub-Base Granular c/equipo

Los trabajos de construcción de esta capa granular, pueden ser obtenidos de forma natural o procesados, que se colocan sobre la superficie preparada (subrasante).

• Materiales

Los materiales para la construcción deberán satisfacer los requerimientos indicados en la NORMA CE.010 PAVIMENTOS URBANOS (2010).

• Procedimiento de ejecución

- Preparación de la superficie existente: esta superficie deberá tener la densidad necesaria para soportar las cargas ejercidas sobre ella.
- Transporte y colocación del material: el material deberá ser transportado y colocado a lo largo y ancho del trazo de la vía.
- Distribución y mezcla del material: el material deberá alcanzar la humedad óptima para su posterior compactación.

- Compactación: estos trabajos se realizarán longitudinalmente, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de un tercio del ancho del rodillo compactador. La compactación será al 100% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado, con un CBR (*California Bearing Ratio*) de diseño mayor o igual al 40 %.

c. Base Granular c/equipo

Los trabajos de construcción de esta capa granular, pueden ser obtenidos de forma natural o procesados, con la mezcla de un tipo de estabilizador o ligante, que será colocado sobre la subbase, afirmado o subrasante.

• Materiales

Los materiales para la construcción deberán satisfacer los requerimientos indicados en la NORMA CE.010 PAVIMENTOS URBANOS.

• Procedimiento de ejecución

- Preparación de la superficie existente: esta superficie deberá tener la densidad necesaria para soportar las cargas ejercidas sobre ella.
- Transporte y colocación del material: el material deberá ser transportado y colocado a lo largo y ancho del trazo de la vía.
- Distribución y mezcla del material: el material deberá alcanzar la humedad óptima para su posterior compactación.
- Compactación: estos trabajos se realizarán longitudinalmente, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de un tercio del ancho del rodillo compactador. La compactación será al 100% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado, con un CBR de diseño mayor o igual al 80 %.

d. Imprimación Asfáltica

Estas actividades, consisten en la aplicación de un riego asfáltico sobre la superficie de una base debidamente preparada, con la finalidad de recibir una capa de pavimento asfáltico o de impermeabilizar y evitar la disgregación de la base construida. Se realizará la aplicación de arena cuando sea requerido.

• Materiales

Los materiales son del tipo bituminoso:

- Emulsiones Asfálticas, de curado lento (CSS-1, CSS-1h) y que cumpla con los requisitos de la Tabla 416-01 del Manual de Carreteras EG-2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).
- Asfalto Líquido de grados MC-30, MC-70 o MC-250 y que cumpla con los requisitos de la Tabla 416-02 del Manual de Carreteras EG-2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

- **Procedimiento de ejecución**

- Preparación de la superficie: la superficie a ser imprimada se debe encontrar completamente limpia.
- Aplicación de la capa de imprimación: el material será aplicado uniformemente sobre la superficie preparada; el material se debe encontrar a una temperatura y velocidad de régimen especificado en la Tabla 415.07 del Manual de Carreteras EG-2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). La imprimación deberá alcanzar una penetración mayor de 5 mm de espesor.

- e. **Carpeta de Mezcla Asfáltica en Caliente**

Estos trabajos consisten en la colocación de una capa a base de mezclas asfálticas en caliente sobre una superficie adecuadamente preparada e imprimada.

- **Materiales**

Las mezclas asfálticas en caliente están compuestas por agregados minerales gruesos, agregados minerales finos, filler o polvo mineral, y cemento asfáltico.

Estos materiales deberán cumplir con los requerimientos técnicos, indicados en la Sección 423 Pavimento de Concreto Asfáltico en Caliente del Manual de Carreteras EG-2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

Tabla N° 20: Requerimientos técnicos para los materiales presentes en las mezclas asfálticas en caliente (parte I).

ENSAYO	NORMA	FRECUENCIA	LUGAR
Contenido de Asfalto	MTC E502-2000	1 por día	Planta o pista.
Granulometría	NTP 339.128:1998	1 por día	Planta o pista.
Ensayo Marshall	MTC E504-2000	1 por día	Planta o pista.
Temperatura	-	Cada volquete	Planta y pista.

FUENTE: Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos (2010).

Tabla N° 21: Requerimientos técnicos para los materiales presentes en las mezclas asfálticas en caliente (parte II).

Tipo	Tolerancias
Materiales que pasa el tamiz de 19.0 mm (3/4").	+/- 5 %
Material comprendido entre los tamices de 9.5 mm (3/8") y 75 um (N° 200).	+/- 4 %
Material que pasa el tamiz 75 um (N° 200).	+/- 1 %
Porcentaje de Asfalto.	+/- 0.3 %
Temperatura de la mezcla al salir de la planta.	+/- 11 °c
Temperatura de la mezcla entregada en pista.	+/- 11 °C

FUENTE: Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos (2010).

- **Procedimiento de ejecución**

- Preparación de la superficie existente: la superficie sobre la cual se va a colocar, deberá tener la densidad apropiada. Antes de aplicar la mezcla, se deberá corroborar que se haya realizado el curado del riego previo.
- Transporte de la mezcla: la mezcla se transportara en volquetes.
- Esparcido de la mezcla: el esparcido se hará de forma continua con la maquina pavimentadora. Durante el extendido de la mezcla, la tolva de descarga de la pavimentadora permanecerá llena para evitar la segregación. Se utilizara un equipo especial de transferencia de material para verte la mezcla asfáltica a la pavimentadora, evitando que el camión vacié directamente a las tolvas de la misma.
- Compactación de la mezcla: la compactación deberá comenzar, una vez esparcida la mezcla, a la temperatura más alta posible que pueda soportar la carga a la que es sometida. Se realizara de manera continua, hasta alcanzar la densidad requerida y se concluirá con un apisonado final que borre las huellas dejadas por los compactadores precedentes.

2.7. PARTIDAS DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

a. Perfilado y Compactado de Subrasante

Es la actividad a ejecutar para la preparación y conformación de la superficie terminada de la vía, sobre la cual se construirá la estructura del pavimento.

• Procedimiento de ejecución

- Preparación de la superficie: esta superficie deberá tener la humedad apropiada, para proceder con la conformación y compactación del suelo.
- Nivelado del suelo: el nivel de superficie será conformado en función a las pendientes longitudinales y transversales de diseño.
- Compactación del suelo: los últimos 0.30 m del suelo de fundación será compactado al 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado.

b. Conformación, Nivelado y Compactado de la Sub-Base Granular

Los trabajos de construcción de esta capa granular, pueden ser obtenidos de forma natural o procesados, que se colocan sobre la superficie preparada (subrasante).

• Materiales

Los materiales para la construcción deberán satisfacer los requerimientos indicados en la NORMA CE.010 PAVIMENTOS URBANOS (2010).

• Procedimiento de ejecución

- Preparación de la superficie existente: esta superficie deberá tener la densidad necesaria para soportar las cargas ejercidas sobre ella.
- Transporte y colocación del material: el material deberá ser transportado y colocado a lo largo y ancho del trazo de la vía.
- Distribución y mezcla del material: el material deberá alcanzar la humedad óptima para su posterior compactación.
- Compactación: estos trabajos se realizarán longitudinalmente, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de un tercio del ancho del rodillo compactador. La compactación será al 100% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado, con un CBR (*California Bearing Ratio*) de diseño mayor o igual al 30 %.

c. Encofrado y Desencofrado en Losa de Pavimento

Son los trabajos de colocación de tablonces y estacas de madera en las paredes laterales, para el posterior vaciado de la mezcla, con una altura igual al espesor de la losa de concreto.

- **Materiales**

Los materiales requeridos para estos trabajos son: alambre negro N° 8, clavos con cabeza de diámetro promedio, tablonces y estacas de madera tornillo.

- **Procedimiento de ejecución**

- Instalación de la madera tornillo a lo largo y ancho de los lados de la losa a encofrar. La madera tendrá un alto igual al espesor de la losa; para el encofrado de las juntas transversales se dejarán unas aberturas con un área igual al diámetro del acero liso.

d. Losa de Concreto premezclado

Los trabajos de esta partida consisten en el vaciado de losas de concreto premezclado sobre una superficie preparada.

- **Materiales**

Los materiales requeridos para estos trabajos son:

- Concreto premezclado: conformado por una mezcla homogénea de cemento, agua, agregado fino y grueso, y aditivos, que cumplan con los requerimientos técnicos citados en la sección 438 Pavimento de Concreto Hidráulico del Manual de Carreteras EG-2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

Tabla N° 22: Requerimientos técnicos de los ensayos para la mezcla de concreto.

ENSAYO	NORMA	FRECUENCIA	LUGAR
Consistencia de la mezcla	NTP 339.035:1999	250 m ³	Punto de Vaciado
Ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión o a la compresión.	NTP 339.034:1999	Una muestra por cada 450 m ³ , pero no menos de una por día.	Laboratorio.

FUENTE: Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos (2010).

- **Diseño**

- El ancho de la losa no debe ser mayor a 4.50 m.
- La longitud de la losa no debe ser mayor a 1.25 veces el ancho de la losa.

Tabla N° 23: Dimensiones de Losas recomendados.

Ancho de carril (m) = Ancho de losa (m)	Longitud de Losa (m)
2.7	3.3
3	3.7
3.3	4.1
3.6	4.5

FUENTE: Manual de Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

- **Procedimiento de ejecución**

- Preparación de la superficie existente: la superficie sobre la cual se va a colocar la mezcla, deberá tener la densidad apropiada.
- Transporte y aplicación de la mezcla: la mezcla deberá ser transportado en mixers a una temperatura adecuada; la aplicación de la mezcla será a lo largo y ancho del área encofrada de la losa diseñada.
- Vibrado de la mezcla: se realizará el vibrado de la mezcla, para eliminar los vacíos existentes dentro de la mezcla y lograr una mayor compactación de la misma.
- Nivelado de la mezcla: la mezcla será extendida y nivelada con el apoyo de herramientas manuales, a lo largo y ancho del área de la losa diseñada.

e. Acero Longitudinal (Barra de Amarre)

Se colocaran varillas de acero corrugado a lo largo de las juntas longitudinales, con el propósito de evitar el desplazamiento de las losas.

- **Material**

Acero Corrugado con un límite de fluencia de 4200 kg/cm².

- **Diseño**

- Son colocados en la parte central de la junta longitudinal.
- Tienen un espaciamiento uniforme.
- Su diámetro y longitud de varilla está en función al espesor de diseño de la losa.

Tabla N° 24: Diámetros y longitudes recomendados en Barras de Amarre.

Espesor de Losa (mm)	Tamaño de Varilla (cm)
	Diam. x Long.
150	1.27 x 66
200	1.27 x 76
250	1.59 x 81
300	1.59 x 91

FUENTE: Manual de Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

f. Acero Transversal (Pasa Junta)

Se colocarán varillas de acero liso a lo largo de las juntas transversales, con el propósito de la transferencia de carga entre losas adyacentes. Su empleo disminuye las deflexiones y los esfuerzos del concreto, reduciendo las fallas a presentarse.

- **Material**

- Acero redondo Liso con un límite de fluencia de 4200 kg/cm².

- **Diseño**

- Son colocados en la parte central de la junta transversal.
- Tienen un espaciamiento uniforme.
- Su diámetro y longitud de varilla está en función al espesor de diseño de la losa.
- Se recomienda un diámetro de diseño aproximado al 1/8 del espesor de la losa.

Tabla N° 25: Diámetros y longitudes recomendados en Pasa Juntas.

RANGO DE ESPESOR DE LOSA (mm)	DIÁMETRO		LONGITUD DEL PASADOR (mm)	SEPARACIÓN ENTRE PASADORES (mm)
	mm	pulgada		
150 - 200	25	1"	410	300
200 - 300	32	1.1/4"	460	300
300 - 430	38	1.1/2"	510	380

FUENTE: Manual de Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

g. Acabado y Texturizado del Pavimento

Estos trabajos se encargan del acabado superficial en losas de concreto, mediante equipos de cepillado, con el propósito de brindar un sistema de drenaje sobre la superficie de las losas.

- **Procedimiento de ejecución**

- Acabado de la superficie: cuando el nivel superior de la losa haya perdido la lámina de agua visible como brillo de la mezcla de concreto, se procederá con las actividades de texturizado.
- Texturizado de la losa: mediante un rastrillo o peine metálico se construirán pequeños surcos de sentido transversal a la losa, formando una textura estriada sobre la superficie de la losa.

h. Curado de Losa de Concreto

Estos trabajos otorgan una capa impermeable sobre las losas de concreto. Las actividades de curado sobre el concreto, brindarán una mayor resistencia a la mezcla, contrarrestando la acción destructiva de factores externos sobre el pavimento.

- **Materiales**

Los materiales a emplear para el curado del concreto serán: agua y un producto químico curador de concreto, con alta calidad certificada, los cuales serán aplicados mediante aspersión.

- **Procedimiento de ejecución**

- Acabado de la superficie: el nivel superior de las losas de concreto deben presentar una textura estriada.
- Aplicación del curado: se aplicará el material de curado, mediante equipos pulverizadoras manuales, que aseguren un reparto uniforme y continuo del producto en toda la losa.

i. Junta de Construcción o Contracción Longitudinal

Estas actividades se encargan del corte y diseño de juntas longitudinales sobre vías de tránsito. Las juntas longitudinales van a dividir dos carriles de vía, las cuales a su vez son diseñadas en el sentido paralelo por donde se realiza el tránsito de vehículos.

- **Materiales**

Los materiales a emplear son:

- Sello de silicona, se aplicara como material sellante de juntas que cumplan con los requisitos técnicos de la Tablas 438.07 del Manual de Carreteras EG-2013 del Ministerios de Transportes y Comunicaciones (2013).
- Tirilla o cordón de respaldo, deberá ser de espuma de polietileno con un diámetro aproximadamente 25 % mayor que el ancho de la caja de junta.

- **Procedimiento de ejecución**

- Preparación de la superficie existente: se realizará el trazo sobre la vía, con tiza o yeso para el diseño de las juntas.
- Corte del concreto: se empleará un disco de corte de 3 mm y una sierra circular.
- Limpieza de la junta: por medio de una compresora de aire, se limpiará la abertura de la junta en lo largo de la vía.
- Colocación del cordón de respaldo de polietileno: se colocará en el interior y a lo largo de la junta aperturada.
- Aplicación del material sellante en juntas: finalmente se aplicará un material sellante sobre las juntas diseñadas, por medio de un aplicador de silicona.

j. Junta de Construcción o Contracción Transversal

Estas actividades se encargan del corte y diseño de juntas transversales sobre vías de tránsito. Las juntas transversales van a dividir dos losas de concreto en un mismo carril, las cuales a su vez son diseñadas en el sentido perpendicular a las juntas longitudinales.

- **Materiales**

Estos materiales y sus especificaciones técnicas, son iguales a las empleadas en la construcción de juntas longitudinales.

- **Procedimiento de ejecución**

La secuencia de trabajos a realizarse en estas actividades, son iguales a las consideradas en la construcción de juntas longitudinales.

2.8. MANTENIMIENTO EN PAVIMENTOS

El mantenimiento de los pavimentos son ejecutados a través de actividades rutinarias y periódicas, que tendrán la finalidad de conservar en buenas condiciones las estructuras de tránsito durante su ciclo de vida útil, sin recurrir a trabajos de rehabilitación en vías urbanas (Reglamento Nacional de Edificaciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010).

- **Mantenimiento rutinario**

Son actividades requeridas a intervalos pre establecidos durante el año, con una frecuencia que depende del volumen del tráfico. Por ejemplo: sellado de fisuras y grietas, parchado superficial y profundo, tratamiento de zonas con exudación, reparación de losas en espesor parcial, etc.

- **Mantenimiento periódico**

Son actividades requeridas a realizar en intervalos de algunos años. Por ejemplo: sellos asfálticos, recapados asfálticos, resellado de juntas, reemplazo de losas, etc.

2.8.1. Gestión para la conservación de pavimentos

Los pavimentos durante su ciclo de vida útil, abarcan las actividades desde el diseño, construcción y conservación de las estructuras para garantizar al usuario vías transitables. En consecuencia es importante proponer la creación de un programa para la gestión de pavimentos, como parte del estudio nos centraremos solo en las actividades de conservación de pavimentos.

Este programa de conservación de pavimentos que se elabore a nivel de proyecto, será evaluado técnico y económicamente, en forma tal que al finalizar se pueda seleccionar la alternativa que minimice los costos totales, tomando en cuenta una serie de niveles de servicios que deberá satisfacer y reflejar el comportamiento adecuado de los pavimentos a través del tiempo.

- **Componentes del programa de conservación de pavimentos**

Es importante realizar un seguimiento al comportamiento de los pavimentos desde su puesta en marcha, y así actuar rápidamente, evitando fallas prematuras y severas. Por lo que, se deberá evaluar y proceder a ejecutar los trabajos de mantenimiento preventivos en pavimentos, para asegurar proyectos de vías urbanas a largo plazo.

El proceso para la toma de decisiones del programa de conservación de pavimentos, se detalla a continuación:

- Inventario. Es el registro de las características básicas de cada sección de la red vial.
- Inspección. Consiste en la auscultación del pavimento y la medición de su condición.
- Determinación del tipo de mantenimiento. Es el análisis de las fallas y definición de las actividades de mantenimiento necesarias.
- Estimación de recursos. Es el costeo del programa de mantenimiento para definir el presupuesto.
- Identificación de prioridades. Etapa en la que se decide el orden de prelación cuando los recursos son limitados.
- Programa de trabajo y medición del comportamiento. Es la etapa en la que se controla el trabajo que está siendo ejecutado.
- Monitoreo. Verificación de la calidad y efectividad del trabajo.

- a. **Fallas más comunes en pavimentos**

Las fallas que se originan en un pavimento serán de dos tipos: superficiales y estructurales. El origen de ellas proviene de la acción destructiva por factores externos, las cuales se clasifican en cuatro criterios:

- El tráfico.
- Las condiciones de humedad o saturación, y sus consecuencias.
- El dimensionamiento del diseño estructural del pavimento.
- La calidad de los materiales, su control y su puesta en obra.

Los tipos de fallas en pavimentos se van a clasificar en cuanto al grado de severidad destructiva, los cuales se señalan en las figuras a continuación:

Clasificación de los deterioros/fallas	Código de deterioro/falla	Deterioro / Falla	Gravedad
Deterioros o fallas Estructurales	1	Piel de cocodrilo	1: Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto 2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto 3: Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto
	2	Fisuras longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho \leq 1 mm) 2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y \leq 3 mm) 3: Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.
	3	Deforcación por deficiencia estructural	1: Profundidad sensible al usuario < 2 cm 2: Profundidad entre 2 cm y 4 cm 3: Profundidad > 4 cm
	4	Ahuellamiento	1: Profundidad sensible al usuario pero \leq 6 mm 2: Profundidad > 6 mm y \leq 12 mm 3: Profundidad > 12 mm
	5	Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales. 2: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado. 3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.
Deterioros o fallas superficiales	6	Peladura y Desprendimiento	1: Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial). 2: Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular. 3: Continuo con aparición de la base granular.
	7	Baches (Huecos)	1: Diámetro < 0.2 m 2: Diámetro entre 0.2 y 0.5 m 3: Diámetro > 0.5 m
	8	Fisuras transversales	1: Fisuras Finas (ancho \leq 1 mm) 2: Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y \leq 3 mm) 3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.
	9	Exudación	1: Puntual 2: Continua 3: Continua con superficie viscosa

Figura N° 08: Fallas o deterioros en pavimentos flexibles.

FUENTE: Manual de Carreteras de la Conservación Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

Código	Deterioros/fallas	Gravedad
1	Desnivel entre losas	1: Sensible al usuario sin reducción de la velocidad 2: Resulta en una reducción significativa de la velocidad 3: Resulta en una reducción drástica de la velocidad
2	Fisuras Longitudinales	1: Fisuras Finas (ancho ≤ 1 mm) 2: Fisuras Medias, corresponden a Fisuras Abiertas y/o ramificadas, sin pérdida de material (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm) 3: Fisuras Gruesas, corresponden a Fisuras Abiertas y/o ramificadas, con pérdida de material (ancho > 3 mm)
3	Fisuras Transversales	1: Fisuras Finas (ancho ≤ 1 mm) 2: Fisuras Medias, corresponden a Fisuras Abiertas y/o ramificadas, (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm) 3: Fisuras Gruesas, corresponden a Fisuras Abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm)
4	Fisuras de esquina	1: Solamente una esquina quebrada 2: Dos esquinas quebradas 3: Mas que dos esquinas quebradas
5	Fisuras oblicuas	1: Fisuras Finas (ancho < 1 mm) 2: Fisuras Medias, corresponden a Fisuras Abiertas y/o ramificadas, (ancho > 1 mm ≤ 3 mm) 3: Fisuras Medias, corresponden a Fisuras Abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm)

Figura N° 09: Fallas o deterioros en pavimentos rígidos (parte I).

FUENTE: Manual de Carreteras de la Conservación Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

Código	Deterioros/fallas	Gravedad
6	Reparaciones o Parchados	1: Puntuales (menor al 10% de la superficie de las losas afectadas) 2: Puntuales (entre el 10% y 30% de la superficie de las losas afectadas) 3: Continuas (mayor que el 30% de la superficie de las losas afectadas)
7	Despostillamiento de Juntas	1: Fracturamiento o desintegración de bordes menor-igual que el 50 % de la longitud dentro de los 5 cm de la junta 2: Fracturamiento o desintegración de bordes mayor que el 50 % de la longitud dentro de los 5 cm de la junta 3: Fracturamiento o desintegración hasta una distancia superior a 5 cm de la junta
8	Desprendimiento	1: Pérdida de material menor al 10% de la superficie de las losas afectadas 2: Pérdida de material entre el 10 % y 30% de la superficie de las losas afectadas 3: Pérdida de material mayor al 30% de la superficie de las losas afectadas
9	Baches (Huecos)	1: Diámetro < 0.2 m 2: Diámetro entre 0.2 y 0.5 m 3: Diámetro > 0.5 m
10	Tratamiento superficial	1: Desprendimiento menor al 10% de la superficie de las losas afectadas 2: Desprendimiento entre el 10% y 30% de la superficie de las losas afectadas 3: Desprendimiento mayor al 30% de la superficie de las losas afectadas

Figura N° 10: Fallas o deterioros en pavimentos rígidos (parte II).

FUENTE: Manual de Carreteras de la Conservación Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

b. Indicadores o Niveles de servicio para el diagnóstico del estado en pavimentos

• **Indicadores**

- Índice de Estado y de Serviabilidad (ISP): Según Castro (2003), señala que el índice de estado califica el grado de deterioro y difiere del tipo de pavimento evaluado. Al igual que el índice de serviabilidad, orienta el estado en el cual se encuentra un pavimento en razón del tiempo de puesta en marcha y predice las actividades de conservación o rehabilitación que requiera la estructura. Este último, está en función de la rugosidad de la superficie de un pavimento.

$$I.S.P. = 9 - \sqrt{2 + 32 \log.(2.5R^2 + 1)} \quad ; R = \text{Rugosidad en M/Km.}$$

I.S.P. > 2.5 pavimentos buenos
2.5 ≥ I.S.P. > 1.5 pavimentos regulares
I.S.P. ≤ 1.5 pavimentos malos

Figura N° 11: Determinación del valor del ISP en función de la rugosidad de un camino pavimentado.

FUENTE: Propuesta de Gestión de Pavimentos para la ciudad de Piura, Castro (2003).

- Según Castro (2003), señala que el Índice de Rugosidad Internacional en un pavimento, señala el grado de comodidad del tránsito. Su cálculo relaciona el desplazamiento de un vehículo en suspensión dividida entre la distancia recorrida por el vehículo a una velocidad de 80 km/h, la unidad de medición se expresa en mm/m o m/km.

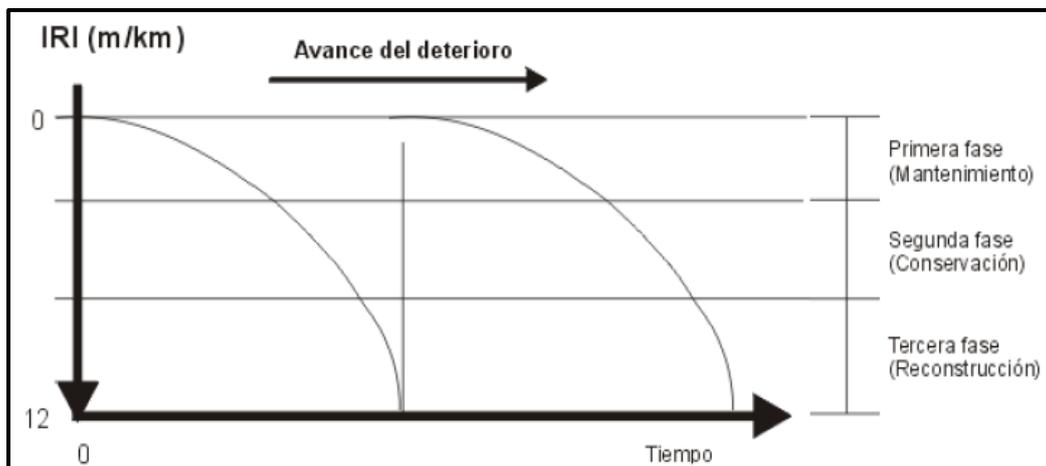


Figura N° 12: Avance del deterioro de un camino pavimentado respecto al tiempo.

FUENTE: Propuesta de Gestión de Pavimentos para la ciudad de Piura, Castro (2003).

El rango de escala de un IRI (Índice de Rugosidad Internacional) para caminos pavimentados varían de 0 a 12 m/km, 0 representa una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable.

- **Niveles de Servicio**

Son indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, propios de cada tipo de vía y varían de acuerdo a los factores técnicos y económicos.

Los trabajos de conservación de pavimentos, deberán estar asociados a cumplir los estándares admisibles (indicadores y niveles de servicio) para el período de diseño.

Tabla N° 26: Indicadores y Niveles de servicio para pavimentos flexibles.

Parámetro	Medida	Niveles de Servicio
Fisuras Longitudinales	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor.	5 %
Peladuras y Desprendimientos	Porcentaje máximo de áreas con peladuras.	5 %
Fisuras Transversales	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor.	5 %
Rugosidad obra nueva	Rugosidad característica del tramo (nuevo).	2.50 m/km
Rugosidad Período de Servicio	Rugosidad característica del tramo (periodo de servicio).	4.00 m/km

FUENTE: Manual de Carreteras de la Conservación Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

Tabla N° 27: Indicadores y Niveles de servicio para pavimentos rígidos.

Parámetro	Medida	Niveles de Servicio
Fisuras Longitudinales	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor.	5 %
Fisuras Transversales	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor.	5 %
Fisuras Oblicuas	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor.	5 %
Despostillamiento de Juntas	Porcentaje máximo de área con despostillamiento de juntas.	5 %
Rugosidad obra nueva	Rugosidad característica del tramo (nuevo).	2.50 m/km
Rugosidad Período de Servicio	Rugosidad característica del tramo (periodo de servicio).	4.00 m/km

FUENTE: Manual de Carreteras de la Conservación Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

2.8.2. Selección de las actividades de mantenimiento preventivo

La selección de las actividades de mantenimiento rutinario y periódico apropiadas para la solución del deterioro de pavimentos, va a depender de identificar las soluciones generales y el proceso propuesto permita eficiencia práctica, flexibilidad, bajos costos.

a. Partidas del Programa de Mantenimiento Rutinario en Pavimentos Flexibles

a.1. Sellado de Fisuras y Grietas

Estos trabajos consisten en la colocación de emulsiones asfálticas diluidas sobre o dentro de las fisuras o grietas, con el fin de evitar el ingreso de agua y de materiales incompresibles dentro de ellas.

• Materiales

Los materiales a ser empleados deberán cumplir con las especificaciones técnicas descritas en la Sección 401: Sellado de Fisuras y Grietas en calzada del Manual de Carreteras, Conservación Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

- Asfalto líquido RC-250: se aplica como material sellante del área con presencia de fisuras y agrietamientos
- Arena: se aplica como material de curado.

• Procedimiento de ejecución

- Limpieza del terreno: es la preparación del terreno, con la ayuda de una compresora de aire. El área a trabajar se extenderá unos 15 cm para cada lado del recorrido de la fisura o grieta.
- Riego de liga: se realizará el vertido del asfalto líquido, con ayuda de una manguera para la aplicación a lo largo de la extensión de la fisura o grieta, evitando el exceso de mezcla sobre el nivel de la capa de rodadura.
- Curado: se aplicará arena sobre el vertido del asfalto líquido, a lo largo del recorrido de la fisura o grieta.
- Compactación: finalmente se procederá a la compactación del área curado, con el uso de un rodillo vibratorio manual.

a.2. Parchado Profundo

Consiste en la reparación de baches con una profundidad mayor al espesor de la capa de rodadura y que alcanza a dañar la capa granular inferior (capa base), que se originan por mezclas mal dosificadas o una compactación insuficiente.

• Materiales

Los materiales a ser empleados deberán cumplir con las especificaciones técnicas descritas en la Sección 415: Parchado Profundo en calzada del Manual de Carreteras, Conservación Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

- Asfalto diluido tipo MC-30: se aplica como material de adherencia o imprimante de la mezcla con las paredes en contacto.
- Mezcla asfáltica en caliente: se aplica como material de relleno sobre el área a reparar.
- Disco de corte de 3 mm: se utiliza para el corte

• Procedimiento de ejecución

- Corte del terreno: se ejecutará con ayuda de una sierra circular y un disco de corte, para remover el material excedente en la zona deteriorada.
- Transporte de la remoción de asfalto y material granular: se eliminará el material removido con ayuda de un cargador frontal y un volquete.
- Limpieza del terreno: es la preparación del área a reparar, con la ayuda de una compresora de aire.
- Base granular: se ejecutarán las actividades de diseño y construcción de la capa granular, sobre la superficie preparada.
- Imprimación asfáltica: se aplicará una mezcla de asfalto diluido sobre las paredes y la base, como imprimante, garantizando la adherencia del material de relleno con la capa inferior.
- Parchado profundo: se aplicará la mezcla asfáltica en caliente sobre el área a rellenar.
- Compactación: finalmente se procederá a la compactación del área rellenado, con el uso de un rodillo vibratorio autopropulsado.

b. Partidas del Programa de Mantenimiento Periódico en Pavimentos Flexibles

b.1. Sellos Asfálticos

Consiste en los trabajos de recubrimiento superficial en pavimentos flexibles con un riego de liga y agregados.

- **Materiales**

Los materiales a ser empleados deberán cumplir con las especificaciones técnicas descritas en la Sección 455: Sellos asfálticos del Manual de Carreteras, Conservación Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

- **Procedimiento de ejecución**

- Limpieza del terreno: es la preparación de la superficie a trabajar, a partir de la eliminación de materiales sueltos o basura sobre la carpeta asfáltica.
- Riego de liga: es el vertido de asfalto líquido RC-250, como recubrimiento de las áreas con ausencia o falla en la dosificación de mezcla asfáltica.
- Curado: es la aplicación de arena fina como material de curado sobre el área trabajada.

b.2. Recapados Asfálticos

Son las actividades de puesta de na sobrecarpeta de mezcla asfáltica en caliente sobre el pavimento existente, el cual va a incluir las actividades de fresado de carpeta asfáltica del pavimento antiguo y el riego de liga sobre la capa de base granular.

- **Materiales**

Los materiales a ser empleados deberán cumplir con las especificaciones técnicas descritas en la Sección 402: Riego de Liga y 410 Pavimento de concreto asfáltico en caliente del Manual de Carreteras EG-2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

- **Procedimiento de ejecución**

- Limpieza del terreno: es la preparación de la zona a trabajar con la eliminación de los materiales sueltos y basura sobre la misma, con la ayuda de herramientas manuales de una compresora de aire.

- Fresado de carpeta asfáltica: es el corte y retiro del material deteriorado sobre la superficie de la carpeta asfáltica, que puede llegar a tener una altura de retiro de mezcla igual al espesor de la capa de rodadura.
- Riego de liga: es la aplicación del asfalto líquido RC-250 sobre el área a trabajar y en las paredes laterales del espesor de la carpeta asfáltica existente, para asegurar la adherencia entre los materiales e impermeabilizar la capa de base granular con respecto a la nueva carpeta asfáltica.
- Reposición de la carpeta asfáltica: es la colocación de la nueva carpeta asfáltica sobre la existente o en casos extremos la reposición total del espesor de la capa de rodadura diseñada. Se aplicará mezclas asfálticas en caliente a condiciones ambientales favorables.
- Compactación: con el apoyo de rodillos vibratorio autopropulsado, se compactara el área de relleno de mezcla asfáltica, hasta alcanzar la densidad adecuada y una mezcla uniforme.

c. Partidas del Programa de Mantenimiento Periódico en Pavimentos Rígidos

c.1. Resellado de Juntas

Consiste en los trabajos de resellado en las juntas existentes de construcción, para alcanzar la vida útil esperada del pavimento de manera periódica.

- **Materiales**

Los materiales a ser empleados deberán cumplir con las especificaciones técnicas descritas en la Sección 550: Resellado de juntas en calzada del Manual de Carreteras, Conservación Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

- **Procedimiento de ejecución**

- Limpieza del terreno: es la preparación del terreno, con la ayuda de una compresora de aire.
- Corte y remoción de material: se realizará el corte y remoción de material antiguo en el sellado de juntas.
- Sellado: se colocará el cordón de espuma polietileno en el fondo de la junta, y luego se aplicará el material imprimante de asfalto diluido tipo MC-30.

- Riego de liga: se realizará el vertido del asfalto líquido RC-250 como material de sellado de juntas.
- Curado: se aplicará arena sobre el vertido del asfalto líquido.
- Compactación: finalmente se procederá a la compactación del área curado, con el uso de un rodillo vibratorio manual.

c.2. Reparación de Losas en Espesor Parcial

Consiste en los trabajos de reparación de deterioro (desprendimiento de material de concreto) que se presentan en las losas de concreto, con una superficie afectada de 150 mm de longitud y un ancho de 4 mm como mínimo. El desprendimiento de losa alcanza una profundidad máxima de 1/3 del espesor de losa, sin embargo se recomienda proceder a la reparación total del espesor de losa.

• Materiales

Los materiales a ser empleados deberán cumplir con las especificaciones técnicas descritas en la Sección 510: Reparación de Losas de calzada en espesor parcial del Manual de Carreteras, Conservación Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

- Epóxico sikadur: se aplicará este material adherente entre la losa existente y la losa nueva.

• Procedimiento de ejecución

- Limpieza de terreno: es la preparación de la superficie del terreno con la eliminación de los materiales sueltos.
- Corte de losa: se realizará el corte en el perímetro del área a reparar y se procederá a romper el volumen de concreto dañado, con ayuda de una sierra circular y un martillo neumático.
- Transporte de remoción de concreto: se procederá a la eliminación y traslado del volumen de concreto como desmonte.
- Losas de concreto: se ejecutara el vaciado de concreto a lo largo y ancho del área a rellenar. También se procederá al vibrado, extendido y nivelado de la mezcla.
- Texturizado en losas: se construirán pequeños surcos de sentido transversal a la losa, formando una textura estriada sobre la superficie de la losa.

- Sellado de juntas: se aplicarán los materiales y mezclas de asfalto para el sellado de las juntas. Las juntas serán construidas a lo largo del perímetro en la zona a reparar de losas.
- Curado de losas: se aplicará el material de curado, mediante equipos pulverizadoras manuales, que aseguren un reparto uniforme y continuo del producto en toda la losa.

c.3. Microfresado

Consiste en los trabajos de cepillado de la superficie en la losa de concreto, con una profundidad removida de la losa igual a cinco por ciento, el cual afecta solo una parte muy reducida en la superficie. Los trabajos de microfresado se requieren para mejorar significativamente la textura superficial (IRI) de los pavimentos, garantizando un mejor confort al usuario que los transitas.

- **Procedimiento de ejecución**

Los procedimientos deberán cumplir con los requerimientos técnicos descritos en la Sección 565 Microfresado de Losas en calzada del Manual de Carreteras, Conservación Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

- Limpieza de terreno: es la preparación de la superficie del terreno con la eliminación de los materiales sueltos.
- Microfresado: la fresadora deberá trabajar avanzado sobre la superficie a mejorar, en sentido contrario a la del tránsito, y produciendo una pendiente transversal hacia el exterior de las vía en tratamiento.
- Transporte de remoción de concreto: se procederá a la eliminación y traslado del volumen de concreto como desmonte.

2.9. DIFERENCIAS A CONSIDERAR ENTRE EL ASFALTO Y EL CONCRETO

Tabla N° 28: Comparación de características entre pavimentos asfálticos y de concreto.

Característica	Asfalto	Concreto
Por el tipo de ensayos de calidad de materiales	El material asfáltico es un material visco-elástico, se ensaya por medio de los ensayos de Marshall (cuyo objetivo es determinar el contenido óptimo de asfalto para un determinado tipo de mezcla asfáltica).	Los ensayos y pruebas que se realizan a este material son generalmente de tipo mecánicos como son: el Test del cono de Abrams (mide el asentamiento de este, el cual está relacionado con la propiedad de trabajabilidad de este), el ensayo para medir la resistencia a la compresión y tracción (por medio de probetas o testigos de concreto).
Por su ciclo de vida del pavimento	El período de diseño mínimo para pavimentos de bajo volumen de tránsito, es de 10 años.	El período de diseño mínimo para pavimentos de bajo volumen de tránsito, es de 20 años.
Por su susceptibilidad al clima	Susceptible a las lluvias (presencia de agrietamientos), por eso la importancia de construcción de cuentas (al costado de las vías). Además, es susceptible al contacto con lubricantes o algún material derivado del petróleo. Sin embargo, presenta un bajo índice de susceptibilidad térmica, lo que permite un comportamiento estable ante las variaciones de temperatura frente al ambiente.	Son menos susceptibles a la lluvia y a los derivados de petróleo.
Por su composición química de ambos materiales	Al igual que el petróleo crudo, es una mezcla de numerosos hidrocarburos parafínicos, aromáticos y compuestos heterocíclicos que contienen azufre, nitrógeno y oxígeno casi en su totalidad solubles en sulfuro de carbono.	Se compone básicamente de cemento, agua, agregado (elementos no tóxicos) y en algunos casos tienen aditivos, los cuales brindan propiedades adicionales al concreto.
Por su construcción	Necesita mayor cantidad de material granular, lo cual es muy difícil de controlar.	Requiere 50% menos de material granular en las bases.
Por su mantenimiento	Es necesario tener un mayor seguimiento para una mejor conservación del pavimento de este material con el fin de ampliar su vida útil.	Es necesario un cuidado, pero no con un seguimiento agudo como en el caso del pavimento de asfalto.
	Se debe mantener desde los 3 años, por lo menos.	Se mantiene recién cada 5 años.
	Mayor congestión vehicular, mayor consumo de combustible.	Menor congestión vehicular, mayor ahorro de combustible.
Por su composición física	El asfalto es un material aglomerante, resistente, muy adhesivo, capaz de resistir altos esfuerzos instantáneos y fluir bajo acción de calor a cargas permanentes. Es un material de propiedades adhesivas y cohesivas, las cuales lo hacen capaz de unir fragmentos de minerales dentro de una masa compactada.	Es un material capaz de resistir esfuerzos a compresión, tracción (proporcionalmente baja, a comparación de la compresión). Su tiempo de endurecimiento es progresivo y no de inmediato.

FUENTE: Hernández Salazar, Manuel (2016).

2.10. DEFINICIONES Y CONCEPTOS AMBIENTALES

2.10.1. Calentamiento Global

El calentamiento global es el resultado de la elevada concentración de los Gases del Efecto Invernadero que retienen el calor y suben gradualmente la temperatura del planeta (Cambio Climático y Desarrollo Sostenible en el Perú del Ministerio del Ambiente, 2009).

El investigador Francisco Estrada Porrúa del Centro de Ciencias de la Atmósfera (2017), destacó que en los últimos 65 años alrededor del 60 por ciento de la población urbana del planeta ha experimentado un calentamiento local de 1.2 grados, que equivale al doble de lo que se ha calentado nuestro mundo (calentamiento global) por el cambio climático en ese mismo período: 0.6 grados.

Según José Juan de Felipe Blanch (2003), cita que el cambio climático inducido por la actividad humana es el primer ejemplo de la interdependencia global, de la globalización de los problemas. El clima es un sistema complejo muy dinámico, que ha variado a través de la historia de la Tierra, en todas las escalas temporales, así, tenemos los últimos períodos glaciares y los períodos cálidos interglaciares como el actual (Holoceno), que se han alternado en los últimos cien mil años. También hay enfriamientos parciales de la atmósfera debido a violentas erupciones volcánicas, efectos sobre el clima que duran breves años.

2.10.2. Los Gases del Efecto Invernadero

La absorción de la energía solar en la superficie del planeta se produce por los llamados Gases del Efecto Invernadero (GEI), en especial el dióxido de carbono y el metano; pero, debido a la deforestación, la combustión desmesurada de hidrocarburos y a nuestro modelo de desarrollo – consumista, superfluo, desigual, injusto e insostenible, el ciclo de la vida se ha alterado y la vegetación del planeta ya no es suficiente para reciclar todo el CO₂ (Cambio Climático y Desarrollo Sostenible en el Perú del Ministerio del Ambiente, 2009).

El señor José Juan de Felipe Blanch (2003), cita la importancia del indiscutible incremento de la concentración de CO₂ adquiere relevancia comparándola con el incremento de la temperatura media de la superficie terrestre, desde la perspectiva histórica y geológica de la citada concentración. En ella se aprecia una correlación indiscutible, y por tanto, da una confirmación del efecto invernadero de estos gases en la dinámica del clima de la Tierra.

GEI	Descripción
Dióxido de carbono (CO ₂)	Gas natural liberado como producto de la combustión de combustibles, algunos procesos industriales y cambios en el manejo de los diversos usos de suelo.
Metano (CH ₄)	Gas emitido en la minería de carbón, rellenos sanitarios, ganadería y extracción de gas y petróleo, y de cualquier fuente de descomposición anaeróbica de residuos orgánicos
Óxido nitroso (N ₂ O)	Gas producido durante la elaboración de fertilizantes y la combustión de combustibles fósiles, y cuyo contribuyente más significativo es el sector transporte.
Hidrofluorocarbonados (HFC)	Se emiten en algunos procesos industriales y se los usa con frecuencia en refrigeración y equipos de aire acondicionado
Perfluorocarbonados (PFC)	Desarrollados e introducidos como una alternativa para reemplazar a algunos gases que destruían la capa de ozono, estos gases son emitidos en una variedad de procesos industriales.

Figura N° 13: Gases del Efecto Invernadero (GEI).

FUENTE: Ministerio del Ambiente (2012).

2.10.3. Huella del Carbono

Según Espindola y Valderrama (2012), indican que el efecto invernadero provoca que la energía que llega a la Tierra sea devuelta más lentamente, por lo que es mantenida más tiempo junto a la superficie elevando la temperatura. Es aceptado hoy en día que este efecto es producido por algunos gases liberados en forma natural o por las acciones humanas. La huella de carbono es considerada una de las más importantes herramientas para cuantificar las emisiones de gases del efecto invernadero y en forma muy general, representa la cantidad de gases del efecto invernadero emitidos a la atmósfera derivado de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios.

2.10.4. Temperatura

El señor Juan Inzunza (2002), señala que la temperatura es la propiedad de los sistemas que determina si están en equilibrio térmico. Es una de las variables básicas del clima y del tiempo, su concepto se deriva de la idea de medir el grado de caliente o frío relativo y de la observación de que las variaciones de calor sobre un cuerpo producen una variación de sus temperaturas.

Los cambios de temperatura se miden a partir de los cambios en las otras propiedades de una sustancia, con un instrumento llamado termómetro, de los cuales existen varios tipos.

- Termómetro de mercurio para medir temperaturas en el rango que se encuentran comúnmente en la atmósfera.

- Termómetro de máximo para medir la máxima diaria, es de mercurio. Estos miden la temperatura de cuerpos.
- Termómetro de mínima para medir la mínima diaria. Como el mercurio se congela a -39°C , para asegurarse de medir temperaturas menores que estas, se usan los termómetros de alcohol, que se congela a -130°C .

2.10.5. Radiación Solar

El señor Juan Inzunza (2002), señala que la radiación solar es la energía electromagnética emitida por el sol y no necesita apoyo para su propagación. En este parámetro, el que más influye es la temperatura de la superficie de los cuerpos. La cantidad de radiación solar que llega a la superficie terrestre está en función de las variaciones estacionales de la duración de un día y el ángulo de incidencia con la superficie de la tierra.

Según Fernández (2010), cita que la radiación es la transferencia energética entre cuerpos, en cualquier estado, mediante ondas electromagnéticas. Una parte de la radiación térmica que incide sobre un cuerpo se absorbe por el mismo y se convierte en energía interna, mientras que el resto se puede reflejar o transmitir a través del cuerpo.

Muñoz et al. (2013), indicaron que debido a la altísima temperatura de su superficie, unos 6000°C , el sol es capaz de emitir radiación de onda corta hacia el espacio exterior. Una pequeña parte de esta energía llega a la tierra e incide en la superficie del pavimento. Parte de la radiación incidente es reflejada por el pavimento, siendo el albedo el parámetro que expresa ese porcentaje de energía reflejada. El porcentaje de energía absorbido por el pavimento se denomina absorptividad.

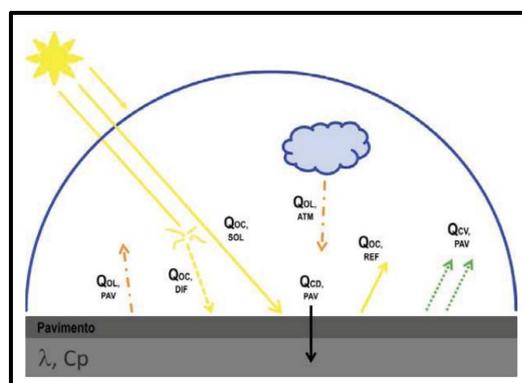


Figura N° 14: Balance de energía en el pavimento.

FUENTE: Muñoz et al. (2013).

2.10.6. Albedo

Según Vera (2005), indica que el término albedo proviene del latín “albus”, que significa luz blanca, o color pálido; “albedo” significa también la propiedad de iluminación del suelo y su atmósfera.

El señor Carlos Chang (2011), cita que el albedo, es la capacidad de un material de reflejar la radiación de onda corta como es la luz. El albedo es la relación expresada en porcentaje de la radiación que la superficie refleja con respecto a la radiación que incide sobre la misma. En general el albedo se correlaciona con el color. Las superficies claras tienen valores de albedo mayor a las oscuras, y las brillantes más que las mates. Un material con un albedo más alto significa que tiene una capacidad mayor para reflejar la luz

Además, Vera (2005), señala que el albedo varía con el tipo de cubierta terrestre, la cual presenta una característica espectral y una reflectividad bidireccional propias. El albedo de un suelo varía con el color, la humedad, el contenido de materia mineral y orgánica, y el estado de la superficie. Disminuye a medida que aumenta su contenido de humedad, materia orgánica, y rugosidad de la superficie. Los suelos con tonalidades claras poseen un albedo mayor que los oscuros, por tanto, los suelos arenosos poseen un albedo mayor que los arcillosos.

Chang (2011), indica que los materiales utilizados en los pavimentos tienen albedos que van desde 0.05% a 0.40% cuando son nuevos. Pavimentos de asfalto nuevos tienen un albedo promedio de 0.10% y los pavimentos de concreto de 0.24%. Pavimentos construidos con materiales de albedos más altos absorben menos calor y se mantienen más “frescos” mitigando el efecto de isla calor.

Tabla N° 29: Valores de Albedo

MATERIALES	ALBEDO
Concreto	15 - 25 %
Asfalto	5 - 10 %
Nieve en polvo	81 - 88 %
Nieve prensada	65 - 81 %
Hielo	30 - 50 %
Roca	20 - 25 %
Bosques	5 - 15 %

FUENTE: EUPAVE - 2011

2.10.7. Islas de Calor Urbano

El señor Barros Pozo, M. (2010), en su tesis de grado, indica que el fenómeno conocido como “isla de calor urbana” es una de las alteraciones más importantes en el clima. Capelli et al. (2001) considera que la isla de calor es un fenómeno climático – meteorológico, el cual puede ser definido como el “exceso de calor generado en un ambiente urbano por efecto de la acción antropogénica o humana” produciendo que las ciudades, por lo general, sean más cálidas que su periférica. Este efecto consiste en la elevación de la temperatura del aire de las ciudades respecto a los alrededores (Moreno, 1990). La superficie urbana, compuesta por edificios, caminos y cubierta vegetal, presenta un comportamiento desigual en las pérdidas y ganancias de calor debido a las distintas características y propiedades que presentan los materiales utilizados en la construcción urbana. El fenómeno es conocido como “isla de calor” porque el patrón de las isotermas, o líneas de igual temperatura, tienden a seguir aproximadamente la forma de una isla.

2.10.8. Transferencia de calor en pavimentos

Según Mendoza y Marcos (2017), cita que los pavimentos se encuentran expuestos en forma permanente a la radiación solar y a la temperatura ambiente, así como las variaciones de temperatura que producen un gradiente térmico en la estructura del pavimento. Estos cambios de temperatura afectan tanto a los pavimentos flexibles como rígidos.

2.10.9. Calor específico

Cruz (2007), señala que el calor específico del volumen denominado “C”, definido como la cantidad de calor requerida para incrementar (1 °C) a la temperatura de una unidad de volumen, se expresa en “J/m³/°C” y se obtiene al multiplicar el calor específico de masa por la densidad del material.

2.10.10. Conductividad térmica

Cruz (2007), cita que la conductividad térmica, es la propiedad química del material que caracteriza su posibilidad de conducir o transmitir calor.

2.10.11. Propiedades térmicas de los principales materiales de construcción en pavimentos

El porcentaje de energía absorbido por el pavimento se denomina absorptividad.

Tabla N° 30: Valores de absorptividad en pavimentos.

Absortividad (α)	Material	Referencia
0,85	Asfalto	Hermansson (2000)
0,95	Asfalto	Hermansson (2001)
0,95	Asfalto	Minhoto <i>et al.</i> (2005)
0,90	Asfalto	Asaeda <i>et al.</i> (1996)
0,91	Asfalto	Chen <i>et al.</i> (2008)
0,90	Asfalto	Yavuzturk <i>et al.</i> (2005)
0,85	Hormigón	Bopshetty <i>et al.</i> (1992)

FUENTE: Tesis Doctoral, Pablo Pascual Muñoz (2012).

El coeficiente de emisividad, es la temperatura superficial del pavimento expresada en la escala absoluta (K).

Tabla N° 31: Valores de emisividad en pavimentos.

Emisividad (ϵ)	Material	Referencia
0,85	Asfalto	Hermansson (2000)
0,80	Asfalto	Hermansson (2001)
0,90	Asfalto	Minhoto <i>et al.</i> (2005)
0,91	Asfalto	Chen <i>et al.</i> (2008)
0,81	Asfalto	Yavuzturk <i>et al.</i> (2005)
0,88	Hormigón	Bilgen y Richard (1992)

FUENTE: Tesis Doctoral, Pablo Pascual Muñoz (2012).

Según Pascual Muñoz (2012), indica que tanto el calor específico como la conductividad térmica del material del pavimento (asfalto u hormigón) son dos parámetros determinantes a la hora de evaluar el balance de energía. Además, son esenciales para un correcto dimensionamiento de la capacidad del pavimento para absorber energía solar térmica.

Tabla N° 32: Valores de conductividad y calor específico de los pavimentos propuestos.

Conductividad (W/mK)	Calor específico (J/kgK)	Densidad (kg/m ³)	Material	Referencia
1,50	850 - 860	2350 - 2550	Asfalto	Minhoto <i>et al.</i> (2005)
1,45 - 1,81	1116 - 1364	2295 - 2450	Asfalto	Luca y Mrawira (2005)
1,00 - 1,80	1100 - 1800	-	Asfalto	Chen <i>et al.</i> (2008)
2,88	880	2313	Asfalto	Xu y Solaimanian (2009)
0,95	-	-	Asfalto	Jansson <i>et al.</i> (2006)
1,30	-	-	Asfalto	Yavuzturk <i>et al.</i> (2005)
1,73 - 1,89	-	-	Asfalto	Shaopeng Wu <i>et al.</i> (2011)
0,80	900	2200	Asfalto	Branco y Mendes (1993)
0,80 - 1,06	850 - 870	-	Asfalto	Jordan y Thomas (1976) en Chadbourn <i>et al.</i> (1998)
1,21 - 1,38	840 - 1090	-	Asfalto	Tegeler y Dempsey (1973) en Chadbourn <i>et al.</i> (1998)
1,21	921	2238	Asfalto	Corlew y Dickson (1968) en Gui <i>et al.</i> (2007)
1,00	850	2400	Hormigón	Sokolov y Reshef (1992)
1,69	-	-	Hormigón	Asaeda <i>et al.</i> (1996)
1,40	880	2300	Hormigón	Bilgen y Richard (2002)
0,92	840	2262	Hormigón	Bopshetty <i>et al.</i> (1992)

FUENTE: Tesis doctoral, Pablo Pascual Muñoz (2012).

2.11. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Según Urrutia (2009), cita que el estudio de impacto ambiental es un proceso global dirigido a prever e informar sobre los efectos que un determinado proyecto puede generar sobre el medioambiente. Propiamente se trata de un conjunto de procedimientos técnico-científico que introduce la variable ambiental en la toma de decisiones de los proyectos de inversión. Su utilización permite la preservación de los recursos naturales, la protección de los ecosistemas y la identificación de medidas de mitigación necesarias para eliminar o minimizar los impactos a niveles permisibles.

El estudio de impacto ambiental comprende:

- La identificación de impactos probables, actuales y futuros sobre los recursos naturales y el medioambiente por el proyecto de inversión.
- La valoración ecológica o ambiental de los impactos.
- La propuesta de alternativas de mitigación para la minimización de impactos del proyecto.

2.11.1. Caracterización del Impacto Ambiental

La evaluación de los impactos debe realizarse utilizando una metodología establecida por el MINAM (Ministerio del Ambiente), la cual debe adaptarse al tipo de proyecto y debe permitir realizar una ponderación cualitativa y cuantitativa de los impactos ambientales y sociales. Esta evaluación se desarrollará de manera secuencial en las siguientes fases:

- Identificación de impactos
- Evaluación de impactos
- Descripción de impactos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

2.11.2. Metodología de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

Según Quispe (2007), las metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental se refieren a los enfoques desarrollados para identificar, predecir y valorar las alteraciones de una acción.

a. Procedimientos de Identificación de Impactos

La identificación de impactos es recomendable realizarla de manera sistemática. Para ello se puede utilizar algunos de los procedimientos siguientes:

- Lista de verificación o de constante.
- Matrices.
- Redes.
- Superposiciones computarizadas y sistemas de información geográfica (SIG).
- Modelo de simulación.

a.1. Matrices

Según Collazos (2007), indica que las matrices son cuadros con celdas que pueden ser utilizadas para identificar la interrelación entre actividades del proyecto y las características ambientales. En la matriz, una interacción puede ser anotada en una celda que es común entre una actividad y una característica ambiental. Se pueden afectar comentarios en las diferentes celdas, resaltando el grado de severidad del impacto u otras características relacionadas con la naturaleza del impacto. Entre los tipos de matrices se tienen:

- Matriz simple
- Matriz por etapas

- **La Matriz de Leopold (Matriz de causa-efecto)**

Según Collazos (2007), señala que es una de las matrices interactivas simples de mayor uso, que fuera utilizada por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (1971). Esta matriz de doble entrada recoge una lista de aproximadamente 100 acciones y 90 elementos ambientales y es apropiada para uso en la etapa de construcción de la mayoría de proyectos.

En el sistema se utiliza las columnas para las acciones humanas que pueden alterar el sistema y en las filas las características del medio que pueden ser alteradas. Por tanto, en una matriz de Leopold debe considerarse cada acción y su potencial de impacto sobre cada elemento ambiental.

El siguiente paso es describir la interacción en términos de magnitud e importancia. La magnitud de una interacción es su extensión o escala y se describe mediante la asignación de un valor numérico comprendido entre 1 al 3, donde 3 representa una gran magnitud y 1, una pequeña. La asignación de un valor numérico de la magnitud de una interacción debe basarse en una valoración objetiva de impactos. La magnitud, generalmente, va precedida del signo (+) o (-), según sea positivo o negativo.

En tanto, la importancia de una interacción está relacionada con su significación o con una evaluación de las consecuencias probables del impacto previsto. La escala de la importancia varía también de 1 al 3 en la que 3 representa una interacción muy importante y 1, una interacción de relativa poca importancia. La asignación de este valor es subjetivo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TRABAJO DE CAMPO (DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL)

3.1.1. Información General

La zona de estudio, comprende las vías al interior del campus de la UNALM y las vías al exterior aledañas, ubicadas en el distrito La Molina. El diagnóstico se concentró principalmente en las zonas donde se localizan las vías determinadas por la presencia de pavimentos asfálticos y pavimentos de losas de concreto.



Figura N° 15: Delimitación del campus de la UNALM, distrito La Molina.

FUENTE: Google Earth.

- **Descripción de la zona de estudio**

Se identificó las características generales del área de intervención, tales como, ubicación, clima, altitud, población universitaria, actividades académicas y administrativas, áreas y departamentos de atención, entre otros.

- **Características de diseño para las vías en la zona de estudio**

Se determinó las características para el diseño de las vías en el campus de la UNALM, tales como:

- Ancho de vía (calzada)
- Longitud total de vías
- Número de carriles en la vía.
- Cantidad de sentidos en la vía, entre otros.
- Derecho de vía.
- Secciones Transversales.
- Perfiles Longitudinales.

3.1.2. Recopilación de información sistematizada

- **De los trabajos topográficos**

Esta información se obtuvo de los trabajos topográficos realizados para las obras de la Oficina de Infraestructura Física (Unidad Ejecutora de Obras de la UNALM).

De estos trabajos se determinó: el recorrido y extensión de vías, la longitud de vías, el ancho de vías, el número de carriles en las vías, el recorrido de las redes de riego tecnificado, redes de baja y media tensión eléctrica. El análisis de esta información sirve para evitar posibles interferencias en el diseño de las vías pavimentadas.

Además, con el apoyo de estos estudios y con la información levantada en campo, se generó los planos faltantes de obras civiles (redes de agua y desagüe) presentes en el área de influencia del diseño (Ver planos en los Anexos N° 11).

- **De los estudios de mecánica de suelos**

Esta información se obtuvo de los estudios de mecánica de suelos realizados para las obras de la Oficina de Infraestructura Física (Unidad Ejecutora de Obras de la UNALM).

De estos estudios, se empleó la información necesaria para la caracterización de los suelos, que servirán de apoyo para las estructuras (pavimentos) diseñadas en las vías (Ver estudios en los Anexos N° 02).

- **De los datos meteorológicos**

Esta información se obtuvo del registro de datos ambientales por parte de la Estación Meteorológica Von Humboldt ubicado en el interior del campus de la UNALM y que se encuentran publicados en la página web de SENAMHI (<https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>).

De los datos meteorológicos, se utilizaron los registros de temperaturas ambientales (máxima, mínima, promedio) y precipitación (mensual, anual) para el diseño de los pavimentos en las vías (Ver datos en los Anexos N° 03).

3.1.3. Recopilación de información de campo

- **Estudio del Tráfico**

Se desarrolló el estudio de tráfico, a través de un registro diario del ingreso de vehículos por la puerta principal (Índice Medio Diario Anual), tomando nota de las variables siguientes: tipo de vehículo, número de ejes delanteros y posteriores, cantidad de ruedas por ejes, volumen total de vehículos que transitan por día en el interior del campus de la UNALM y los cuales son clasificados según el Reglamento Nacional de Vehículos.

3.2. TRABAJO DE GABINETE

Después de la recopilación de información, se procedió al procesamiento y desarrollo de los datos.

3.2.1. Procesamiento de Información

De la información recopilada y validada de campo, se hallaron las variables que son necesarias para el desarrollo del diseño de pavimentos flexibles y pavimentos rígidos. Estas son:

a. Estudio de Tráfico

a.1. Cálculo del Índice Medio Diario Anual (IMDA)

Se determinó el ingreso de vehículos (por tipo y frecuencia) a diario al campus de la UNALM por la puerta principal, en el período 2018. Además se clasificaron los vehículos en función a las características establecidas en el Reglamento Nacional de Vehículos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

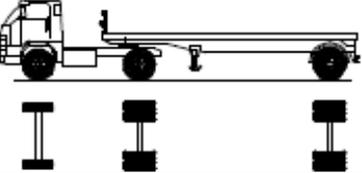
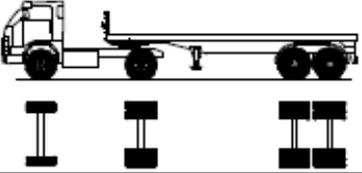
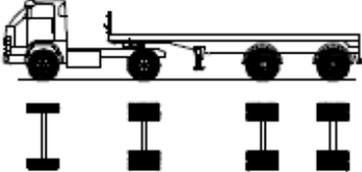
TABLA DE PESOS Y MEDIDAS								
Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)	
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1°	2°	3°	4°	
C2		12,30	7	11	—	—	—	18
C3		13,20	7	18	—	—	—	25
C4		13,20	7	23 ⁽¹⁾	—	—	—	30
8x4		13,20	7+7 ⁽⁵⁾	18	—	—	—	32
T2S1		20,50	7	11	11	—	—	29
T2S2		20,50	7	11	18	—	—	36
T2Se2		20,50	7	11	11	11	—	40

Figura N° 16: Configuración vehicular (pesos y medidas).

FUENTE: Reglamento Nacional de Vehículos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2003).

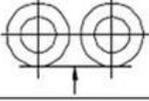
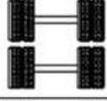
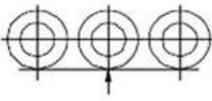
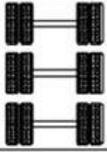
Conjunto de eje(s)	Nomenclatura	Simbología	Nº de Neumáticos	GRAFICO	Peso máximo por eje(s) (t)
Simple	1RS		02		7
Simple	1RD		04		11
Doble	2RD		08		18
Triple	3RD		12		25

Figura N° 17: Configuraciones por tipo de ejes.

FUENTE: Reglamento Nacional de Vehículos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2003).

a.2. Estimación del tránsito futuro

Para el cálculo del tránsito futuro en el período de análisis, se empleó la fórmula para proyectar la población futura.

El tráfico estimado esta expresado en valores del Índice Medio Diario Anual (IMDA) en un período de análisis de 20 años. El método que mejor se acomodó a los datos obtenidos, fue el geométrico.

Fórmula N° 13: Método geométrico para el cálculo del tráfico futuro.

$$T_f = T_0 \times (1 + r)^t$$

Donde:

T_f = Tráfico Futuro.

T_0 = Tráfico Actual.

t = Período en años a proyectar.

r = Tasa de crecimiento en porcentaje.

- **Estimación de la Tasa de Crecimiento**

Se calculó la tasa de crecimiento poblacional, mediante el uso de la información existente de los datos históricos de la población universitaria total, publicadas en el Boletín de la UNALM.

Tabla N° 33: Datos de la población total en la UNALM, desde el año 2002 hasta el 2017.

AÑO	Población Total UNALM				
	Nº alumnos de pregrado	Nº de alumnos de postgrado	Nº de docentes	Nº de personal administrativo	Nº TOTAL
2002	4578	694	472	482	6226
2003	4524	796	474	480	6274
2004	4527	810	472	465	6274
2005	5336	867	468	469	7140
2006	5447	833	476	472	7228
2007	5205	852	471	481	7009
2008	4812	858	475	482	6627
2009	5007	922	480	482	6891
2010	5158	1103	478	477	7216
2011	5222	1034	476	445	7177
2012	5245	1159	475	454	7333
2013	5206	1200	511	476	7393
2014	5158	1207	511	480	7356
2015	5155	1270	508	485	7418
2016	5290	1373	508	485	7656
2017	5247	1457	508	490	7702

FUENTE: Boletín Estadístico Web de la UNALM.

Se empleó la fórmula del método geométrico para el cálculo de la tasa de crecimiento anual.

Fórmula N° 14: Tasa de Crecimiento Anual.

$$r = (T_f/T_0)^{(1/t)} - 1$$

Donde:

T_f = Tráfico Futuro.

T_0 = Tráfico Actual.

t = Período en años a proyectar.

r = Tasa de Crecimiento en porcentaje.

a.3. Tránsito de diseño

Se determinó el tránsito de diseño para pavimentos (flexibles y rígidos), en un período de análisis de 20 años. El tránsito estimado fue expresado en Número de Ejes Equivalentes (ESAL), por lo que se utilizó los valores calculados por los factores destructivos, propios de cada tipo de pavimento.

- **Factores Destructivos**

Se calcularon los factores destructivos (EALF y LEF) para la conversión del número de vehículos al número de ejes equivalentes, para cada tipo de pavimento. Para el cálculo de los factores, se emplearon las fórmulas propuestas por el método de AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), y que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones aplica para el diseño de pavimentos.

- Factor de Carga Equivalente por Eje o *Equivalent Axle Load Factor* (EALF).

Fórmula N° 15: Cálculo del EALF para pavimentos flexibles.

$$F_i = 1/10 \left[4.79 \log_{10}(18 + 1) - 4.79 \log_{10}(L_x + L_2) + 4.33 \log_{10}(L_2) + \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}} \right]$$

$$\beta_x = 0.40 + \frac{0.081 (L_x + L_2)^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19} L_2^{3.23}}$$

$$\beta_{18} = 0.40 + \frac{0.081 (18 + 1)^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19}}$$

$$G_t = \log_{10} \left| \frac{4.2 - p_t}{4.2 - 1.5} \right|$$

Fórmula N° 16: Cálculo del EALF para pavimentos rígidos.

$$F_i = 1/10 \left[4.62 \log_{10}(18 + 1) - 4.62 \log_{10}(L_x + L_2) + 3.28 \log_{10}(L_2) + \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}} \right]$$

$$\beta_x = 1.00 + \frac{3.60 (L_x + L_2)^{5.20}}{(D + 1)^{8.46} L_2^{3.52}}$$

$$\beta_{18} = 1.00 + \frac{0.0081 (18 + 1)^{5.20}}{(D + 1)^{8.46}}$$

$$G_t = \log_{10} \left| \frac{4.5 - p_t}{4.5 - 1.5} \right|$$

Donde:

F_i = Factor de eje equivalente.

L_x = Carga por eje en kips.

L_2 = Factor que depende del tipo de eje (adopta el valor de 1 para ejes simples; 2 en ejes tándem y 3 en ejes trídem).

p_t = Índice de serviciabilidad final.

SN = Número estructural de diseño.

D = Espesor de la losa.

- Factor de Equivalencia o *Load Equivalency Factor* (LEF).

Fórmula N° 17: Cálculo del Factor de Equivalencia para pavimentos flexibles y pavimentos rígidos.

$$LEF = EALF_{(eje\ delantero)} + EALF_{(ejes\ posteriores)}$$

Donde:

$EALF_{(eje\ delantero)}$ = Factor de carga equivalente por ejes delanteros.

$EALF_{(eje\ posteriores)}$ = Factor de carga equivalente por ejes posteriores.

- **Proyección del Tráfico**

Del estudio de tráfico, se obtuvo el número de ejes equivalentes con el empleo de tablas y fórmulas propuestas por el método de AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), para el diseño de pavimentos flexibles y rígidos.

Fórmula N° 18: Cálculo del Número de Ejes Equivalentes (ESAL).

$$ESAL = ADT_0 \times T \times T_f \times D \times L \times (G)(Y) \times 365$$

Donde:

ADT₀ = Tráfico Medio Diario.

T = Porcentaje de camiones en el ADT, igual a 1.

T_f = Número de aplicaciones de carga de ejes de 18 kip por camión, igual a 1.

D = Factor de distribución direccional.

L = Factor de distribución de carril.

Fórmula N° 19: Cálculo del Tráfico Medio Diario (ADT₀).

$$ADT_0 = \Sigma(\text{Cantidad de Vehículos por tipo} \times LEF)$$

Donde:

LEF = Factor de Equivalencia

Tabla N° 34: Factor de distribución direccional y por carril.

Número de direcciones o sentidos	Número de carriles por dirección o sentido	Factor Direccional (D)	Factor Carril (L)	Factor ponderado D x L para carril de diseño
1 sentido x calzada	4	1.00	0.50	0.50
2 sentidos x calzada	1	0.50	1.00	0.50
2 sentidos x calzada	2	0.50	0.80	0.40
2 sentidos x calzada	3	0.50	0.60	0.30
2 sentidos x calzada	4	0.50	0.50	0.25

FUENTE: Manual de Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014).

Fórmula N° 20: Cálculo del Factor de Crecimiento Total.

$$(G)(Y) = \frac{(1 + r)^Y - 1}{r}$$

Donde:

G = Factor de Crecimiento

Y = Período de diseño o de análisis.

r = Tasa de crecimiento en porcentaje.

En este caso se determinó el tipo de carretera (tipo de vía) en función al valor del Índice Medio Diario Anual (IMDA) del tránsito de vehículos para la zona de estudio, del cual se utilizó el valor promedio del rango de años para el período de diseño seleccionado.

Tabla N° 35: Períodos de diseño en función al tipo de carretera (vía).

Tipo de carretera	Período de diseño (Y)
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30-50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20-50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15-25 años
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito	10-20 años
Afirmadas o lastradas	5-10 años

FUENTE: Guía de Diseño de AASHTO (1993).

b. Estudios de Mecánica de Suelos

Se empleó la información existente de los estudios de mecánica de suelos realizados para las obras de la Oficina de Infraestructura Física (Unidad Ejecutora de Obras de la UNALM).

b.1. Caracterización del Suelo de Fundación

Los trabajos que se efectuaron en el estudio de mecánica de suelos (pruebas y ensayos), para la clasificación de suelos y propiedades físicas, son:

- Se realizaron perforaciones en el suelo (calicatas), con fines de extracción de muestras de suelo a diferentes profundidades, para su análisis y la caracterización de los suelos.
- Análisis Granulométrico por tamizado de acuerdo a la norma NTP 339.128:1999.
- Clasificación de Suelos AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) y SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) de acuerdo a la norma NTP 339.134:1999.
- Limite Líquido y Limite Plástico, de acuerdo a la norma NTP 339.129:1999.
- Equivalente de Arena, de acuerdo a la norma NTP 339.146:2000.
- Contenido de Humedad de un suelo, de acuerdo a la norma NTP 339.127:1998.

- Ensayos de valor de soporte de California o CBR (*California Bearing Ratio*), de acuerdo a la norma NTP 339.145:1999.

b.2. Características de la Capas Granulares

Se determinó los materiales apropiados para el diseño de las capas granulares en pavimentos, las cuales cumplen con los requerimientos dispuestos por la Norma CE.010 Pavimentos Urbanos del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y las normas del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

Tabla N° 36: Especificaciones Técnicas Constructivas.

Elemento	Tipo de Pavimento	
	Flexible	Rígido
Sub-rasante	95 % de compactación Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar	
	Espesor compactado: > 250 mm - vías locales y colectores > 300 mm - vías arteriales y expresas	
Sub-base	CBR > 40 % 100 % Compactación Proctor Modificado	CBR > 30 % 100 % compactación Proctor Modificado
Base	CBR > 80 % 100 % Compactación Proctor Modificado	No Aplicable

FUENTE: Norma CE0.10 Pavimentos Urbanos (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010).

c. Datos Meteorológicos

Se analizó la información existente del registro de datos de temperatura y precipitación, que provienen de la Estación Meteorológica Von Humboldt ubicado en el interior del campus de la UNALM, y que también se encuentran publicados en la página web de SENAMHI (<https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>).

3.2.2. Diseño de Pavimentos Flexibles (pavimentos asfálticos)

Se determinó el espesor de las capas granulares y de la capa de rodadura, que conforman las estructuras de los pavimentos asfálticos, mediante la aplicación del método de AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). Para el cálculo de los espesores de capas, se utilizaron las tablas y nomogramas propuestos en la “Guía de Diseño de AASHTO 1993”.

a. Período de Análisis

Para vías pavimentadas con bajo volumen de tránsito, la guía de AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) recomienda un período de análisis comprendido entre 15 a 25 años, del cual se decidió trabajar con el valor promedio, del rango de años por fines de estudio.

Tabla N° 37: Período de análisis para vías del tipo locales.

Tipo de vías	Período de análisis
Vías pavimentadas con bajo volúmenes de tránsito (vías locales).	15-25 años

FUENTE: Guía de Diseño de AASHTO (1993).

b. Variables

Se calculó las variables de la ecuación de diseño de la “Guía de Diseño de AASHTO 1993” para pavimentos flexibles, con el empleo y análisis de la información proveniente de los: estudios de tráfico, estudios de mecánica de suelos y datos pluviométricos (Ver fórmula N° 04 del capítulo II, Revisión de Literatura).

También, se utilizaron las tablas propuestas en el Manual de Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y, las tablas y nomogramas de la “Guía de Diseño de AASHTO 1993”.

b.1. W_{18} (ESAL pavimentos flexibles)

El cálculo de esta variable se obtuvo de los estudios de tráfico, en función a los resultados del número de ejes equivalentes actuantes sobre los tramos de vías.

Fórmula N° 21: Cálculo del Número de Ejes Equivalentes (ESAL) en Pavimentos Flexibles.

$$ESAL_{flexibles} = ADT_0 \times T \times T_f \times D \times L \times (G)(Y) \times 365$$

Donde:

ADT₀ = Tráfico Medio Diario en pavimentos flexibles.

T = Porcentaje de camiones en el ADT, igual a 1.

T_f = Número de aplicaciones de carga de ejes de 18 kip por camión, igual a 1.

D = Factor de distribución direccional.

L = Factor de distribución de carril.

b.2. Módulo de Resiliencia (M_R)

Con la información de los estudios de mecánica de suelos, se determinó el valor del módulo de resiliencia para la subrasante, aplicados en la fórmula N° 05 del capítulo II, Revisión de Literatura.

b.3. Confiabilidad (% R) y Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Z_R)

Se calculó el porcentaje de confiabilidad en función a los niveles recomendados de la “Guía de Diseño de AASHTO 1993” en pavimentos urbanos.

Tabla N° 38: Niveles de confiabilidad (% R) recomendados.

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad (% R) recomendado	
	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 90	50 - 80

FUENTE: Guía de Diseño de AASHTO (1993).

Se determinó el valor de la desviación estándar en relación a la confiabilidad seleccionada.

Tabla N° 39: Desviación Estándar Normal (Z_R) en función de la Confiabilidad (% R).

CONFIABILIDAD (R %)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z_R)
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

FUENTE: Guía de Diseño de ASSHTO (1993).

b.4. Desviación Estándar Combinada (S_0)

Para el cálculo de esta variable, se seleccionó un valor del rango comprendido entre 0.40 – 0.50 y recomendado por la “Guía de Diseño de AASHTO 1993” para pavimentos flexibles.

b.5. Índice de Serviciabilidad Presente (ΔPSI)

Se determinaron los valores de serviciabilidad inicial, serviciabilidad final e índice de serviciabilidad, en base a los valores recomendados por la “Guía de Diseño de AASHTO 1993” para pavimentos flexibles (Ver fórmula N° 06 del Capítulo II, Revisión de Literatura).

b.6. Número Estructural Requerido (SN)

Con los valores calculados anteriormente, se despejó la ecuación y se empleó el nomograma propuesto por la “Guía de Diseño de AASHTO 1993”, para hallar el valor de la variable SN (Ver figura N° 03 del capítulo II, Revisión de Literatura).

Determinado el Número Estructural, se realizaron tanteos para el cálculo de los espesores de las capas sub-base, base, y capa de rodadura (Ver fórmula N° 07 del capítulo II, Revisión de Literatura).

Debido a que existen cientos de valores posibles, se consideró que estos cumplan con las correlaciones planteadas por la “Guía de Diseño de AASHTO 1993” (Ver figura N° 04 del capítulo II, Revisión de Literatura).

Por lo que, se procedió al cálculo de los coeficientes estructurales y los coeficientes de drenajes para las capas de diseño, con el uso de los nomogramas propuestos en la “Guía de Diseño de AASHTO 1993” y la aplicación de las correlaciones siguientes:

- **Cálculo de los coeficientes estructurales de las capas (a_1, a_2, a_3)**

Se emplearon las fórmulas N° 08 y N° 09 del capítulo II, Revisión de Literatura, y los nomogramas mostrados a continuación:

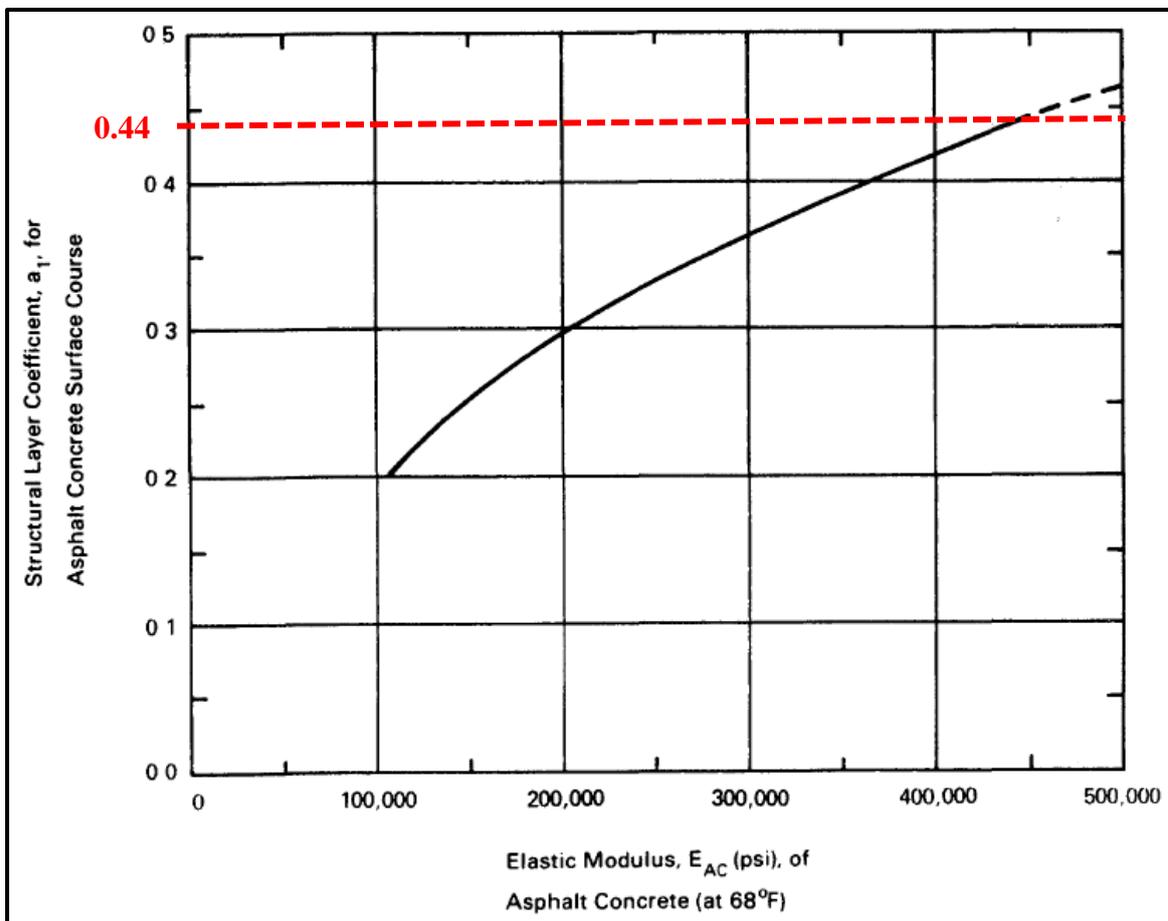


Figura N° 18: Nomograma para estimar el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica (a_1), en función al módulo elástico (resilencia).

FUENTE: Guía de Diseño de AASHTO (1993).

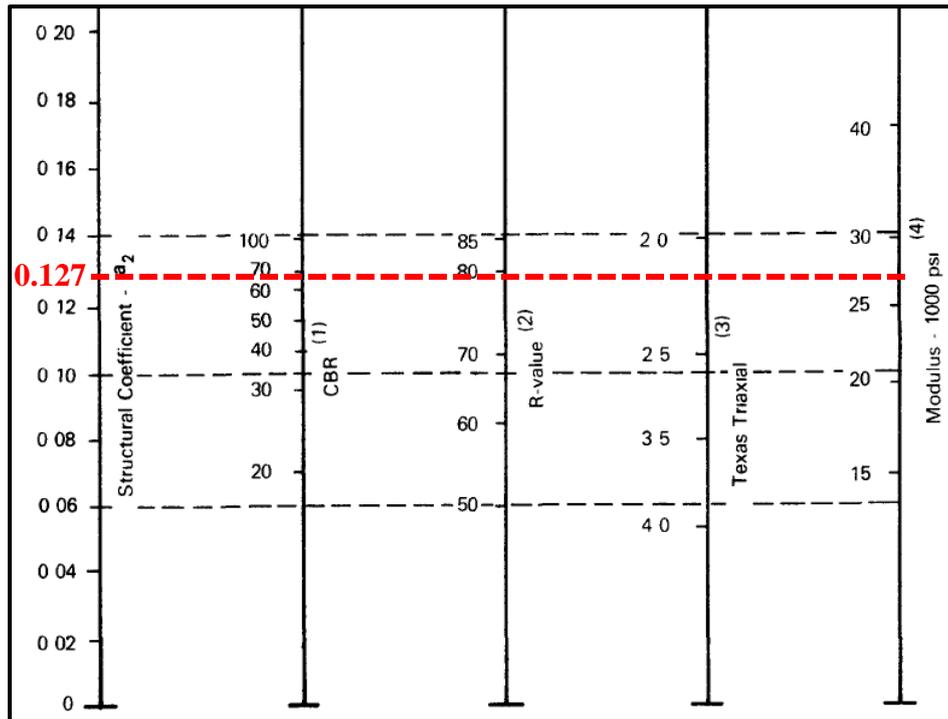


Figura N° 19: Nomograma para estimar el coeficiente estructural (a_2) para una capa base granular.

FUENTE: Guía de Diseño de AASHTO (1993).

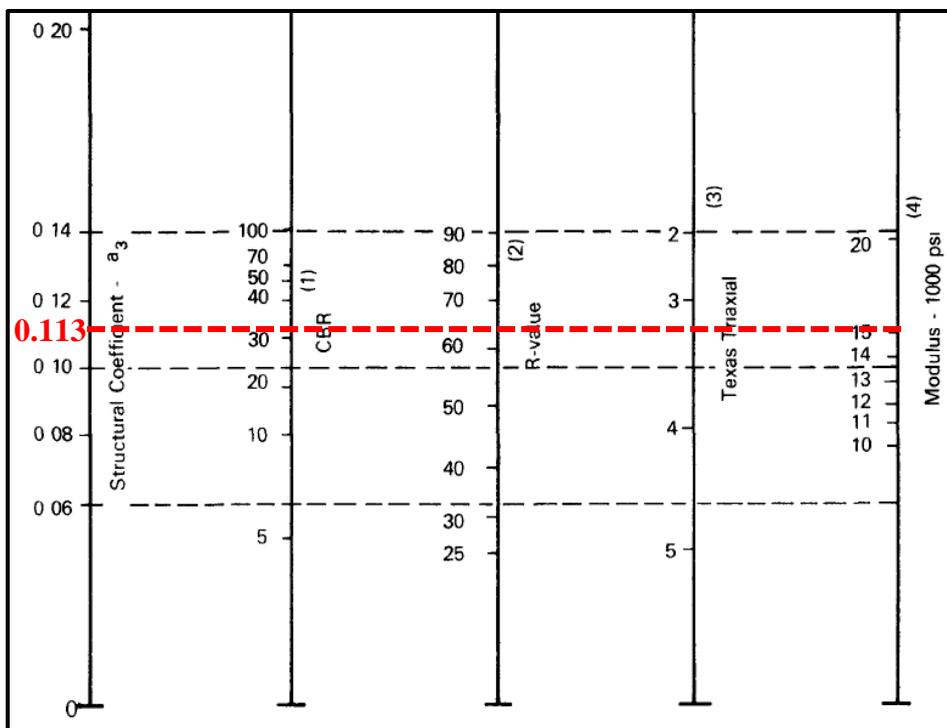


Figura N° 20: Nomograma para estimar el coeficiente estructural (a_3) para una capa sub-base granular.

FUENTE: Guía de Diseño de AASHTO (1993).

- **Cálculo de los coeficientes de drenaje (m_2 , m_3)**

Se calculó los valores de los coeficientes de drenaje para las capas granulares, con la información obtenida de los datos pluviométricos y los valores recomendados por el Ministerio de Transportes.

Tabla N° 40: Calidad de drenaje en función del tiempo que tarde en evacuar el agua de la capa granular para el diseño de pavimentos flexibles.

CALIDAD DE DRENAJE	TÉRMINO REMOCIÓN DE AGUA	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTA EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN			
		MENOR QUE 1 %	1 % - 5 %	5 % - 25 %	MAYOR QUE 25 %
Excelente	2 horas	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1 día	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1 semana	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1 mes	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	El agua no evacua	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

FUENTE: Manual de Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

- **Cálculo de los espesores de las capas (d_1 , d_2 , d_3)**

Finalmente, se determinaron los valores para los espesores de las capas de diseño; es así que estos valores cumplieron con los espesores mínimos constructivos.

Sin embargo, para este estudio los espesores finales de diseño de las capas, dependerá del análisis de costos para el diseño de este tipo de pavimentos.

3.2.3. Diseño de Pavimentos Rígidos (pavimentos de concreto)

Se determinó el espesor de losa, mediante la aplicación del método de AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). Para el cual, se utilizaron las tablas y nomogramas propuestos en la “Guía de Diseño de AASHTO 1993”.

a. Período de Análisis

Del diseño de pavimentos flexibles, se utilizó el mismo procedimiento para el cálculo de esta variable (Ver tabla N° 37 del capítulo III, Materiales y Métodos).

b. Variables

Se calculó las variables de la ecuación de diseño de la “Guía de Diseño de AASHTO 1993” (Ver fórmula N° 10 del capítulo II, Revisión de Literatura) para pavimentos rígidos, con la aplicación y el análisis de la información proveniente de los: estudios de tráfico, estudios de mecánica de suelos y datos pluviométricos.

También, se utilizaron las tablas propuestas en el Manual de Suelos y Pavimentos del MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) y, las tablas y nomogramas de la “Guía de Diseño de AASHTO 1993”.

b.1. W_{82} (ESAL pavimento rígido)

El cálculo de esta variable se obtuvo de los estudios de tráfico, en función a los resultados del número de ejes equivalentes actuantes sobre los tramos de vías.

Fórmula N° 22: Cálculo del Número de Ejes Equivalentes (ESAL) en Pavimentos Rígidos.

$$ESAL_{\text{rígidos}} = ADT_0 \times T \times T_f \times D \times L \times (G)(Y) \times 365$$

Donde:

ADT_0 = Tráfico Medio Diario en pavimentos rígidos.

T = Porcentaje de camiones en el ADT, igual a 1.

T_f = Número de aplicaciones de carga de ejes de 18 kip por camión, igual a 1.

D = Factor de distribución direccional.

L = Factor de distribución de carril.

b.2. Índice de Serviciabilidad Presente (Δ PSI)

Se determinaron los valores de serviciabilidad inicial, serviciabilidad final e índice de serviciabilidad, en base a los valores recomendados por la “Guía de Diseño de AASHTO 1993” para pavimentos rígidos (Ver fórmula N° 06 del Capítulo II, Revisión de Literatura).

b.3. Confiabilidad y Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Z_r)

Mediante el mismo procedimiento del diseño en pavimentos flexibles, se determinaron los valores de las dos variables (Ver tablas N° 38 y N° 39 del Capítulo III, Materiales y Métodos).

b.4. Desviación Estándar Combinada (S_0)

Para el cálculo de esta variable, se seleccionó un valor del rango comprendido entre 0.30 – 0.40 y recomendado por la “Guía de Diseño de AASHTO 1993” para pavimentos rígidos.

b.5. Módulo de Elasticidad (E_c) y Módulo de Rotura del concreto (M_r)

Para el cálculo de estas variables se emplearon las ecuaciones (Ver fórmulas N° 11 y N° 12 del capítulo II, Revisión de Literatura) propuestas en el Manual de Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones; por lo que primeramente se determinó el valor de la resistencia a la compresión del concreto. Esta presenta valores desde 280 kg/cm² a 350 kg/cm², tal cual lo establece el Manual de Especificaciones Técnicas (EG-2013) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

b.6. Módulo de reacción de la subrasante (K)

Para el cálculo del módulo de reacción de la subrasante, se empleó el método gráfico propuesto en la “Guía de Diseño de AASHTO 1993”; en la que se tiene como variables de entrada: módulo de resiliencia de la subrasante, módulo de elasticidad de la sub-base y espesor de la sub-base, y los cuales fueron calculados previamente para la aplicación del método.

Fórmula N° 23: Modulo de rigidez en función del CBR (*California Bearing Ratio*) del suelo.

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

Donde:

M_R = Módulo de Resiliencia de la subrasante / Módulo de Elasticidad de la sub-base.

CBR = CBR de la Subrasante / CBR de la sub-base (%).

El valor determinado para el espesor de la sub-base fue el mínimo propuesto por la “Guía de Diseño de AASHTO 1993” y por el Manual de Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

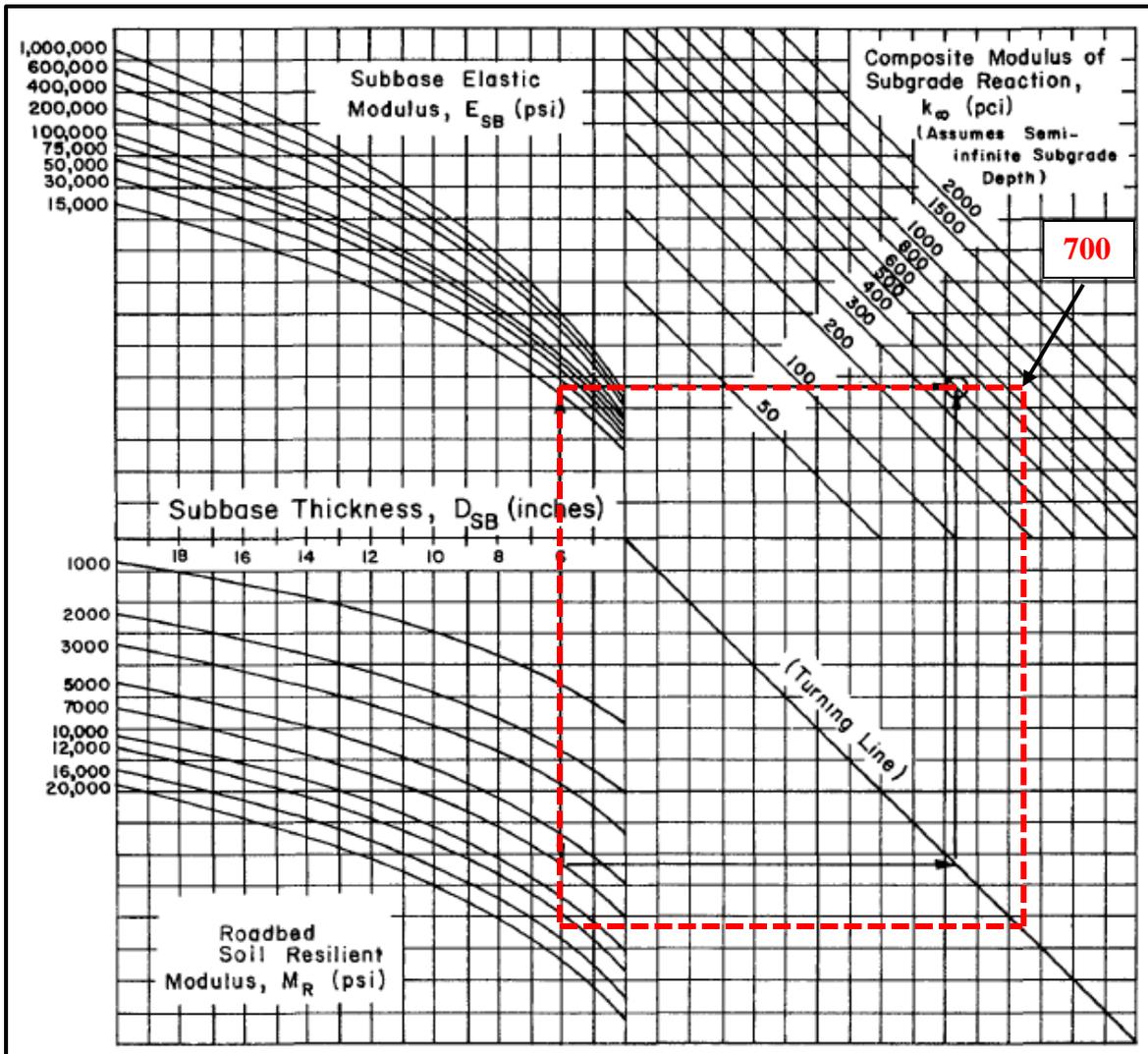


Figura N° 21: Nomograma para el cálculo del Módulo de reacción de la subrasante.

FUENTE: Guía de Diseño de AASHTO (1993).

Luego, se determinó el valor del factor de corrección para el módulo de reacción de la subrasante, haciendo uso del nomograma propuesto en la “Guía de Diseño de AASHTO 1993”, y el cual tiene como variables de entrada el módulo de reacción de la subrasante y el factor de pérdida de soporte (L_s).

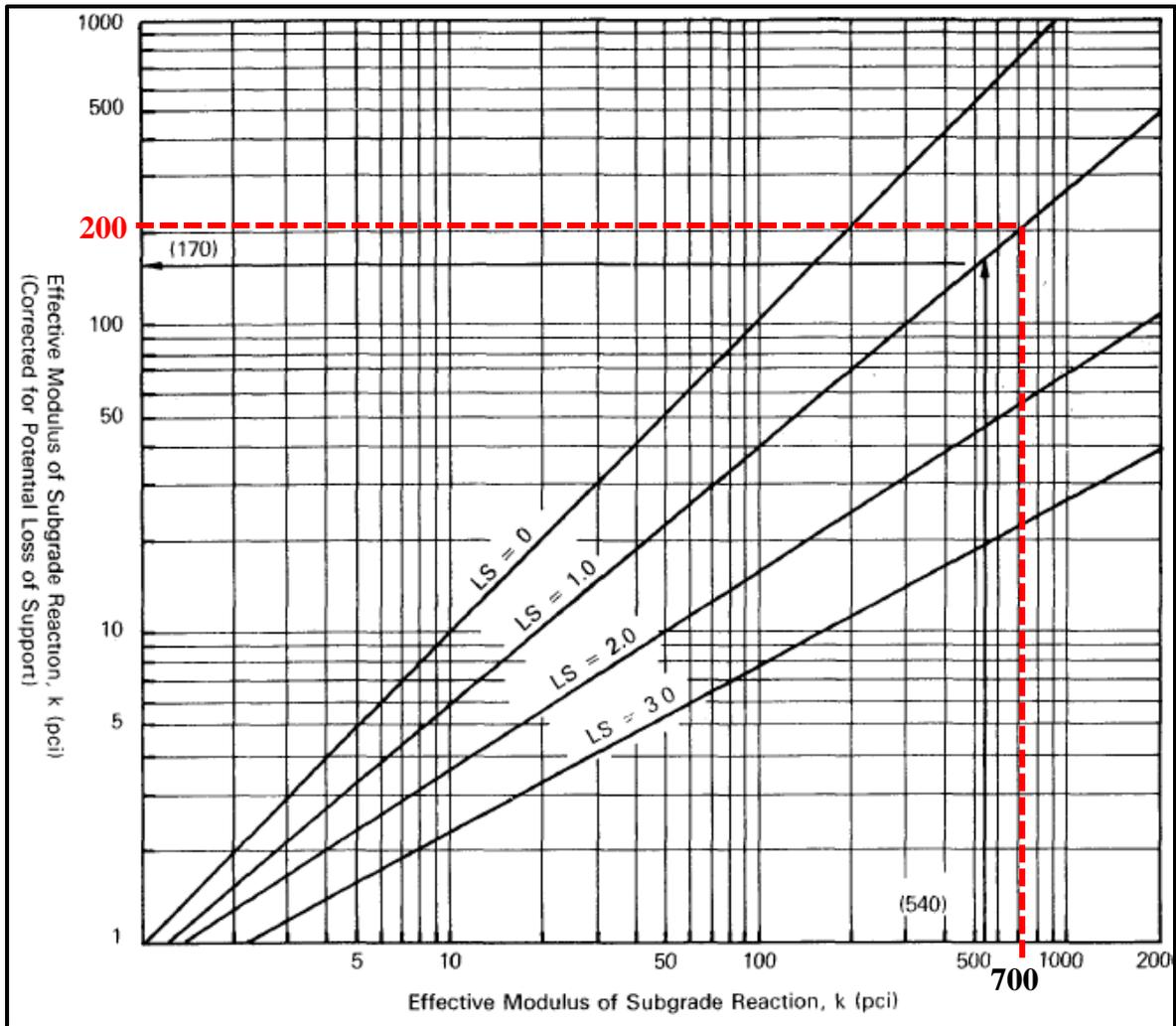


Figura N° 22: Nomograma para la corrección del módulo efectivo de la reacción de subrasante por pérdida potencial de soporte de subgrado.

FUENTE: Guía de Diseño de AASHTO (1993).

De acuerdo a la “Guía de Diseño de AASHTO 1993”, se obtuvo el valor del factor de pérdida de soporte (L_s) para materiales granulares sin tratar, que varían del “1 al 3”.

b.7. Coeficiente de transferencia de carga (J)

Se determinó la variable “J”, de los valores recomendados por la Guía de Diseño de AASHTO 1993” para pavimentos rígidos (Ver tabla N° 19 del capítulo II, Revisión de Literatura).

b.8. Coeficiente de drenaje (C_d)

Se calculó el valor del coeficiente de drenaje (C_d) para la capa granular, con la información obtenida de los datos pluviométricos y los valores recomendados por el Ministerio de Transportes.

Tabla N° 41: Calidad de drenaje en función del tiempo que tarde en evacuar el agua de la capa granular para el diseño de pavimentos rígidos.

CALIDAD DE DRENAJE	TÉRMINO REMOCIÓN DE AGUA	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTA EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN			
		MENOR QUE 1 %	1 % - 5 %	5 % - 25 %	MAYOR QUE 25 %
Excelente	2 horas	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1 día	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1 semana	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1 mes	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy pobre	El agua no drena	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

FUENTE: Manual de Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).

b.9. Espesor de la losa de concreto (D)

Haciendo uso de los nomogramas y de la ecuación, propuestas en la “Guía de Diseño de AASHTO 1993”, se calculó el espesor de losa. Para ambos métodos, se utilizaron las variables anteriormente calculadas como datos de entrada.

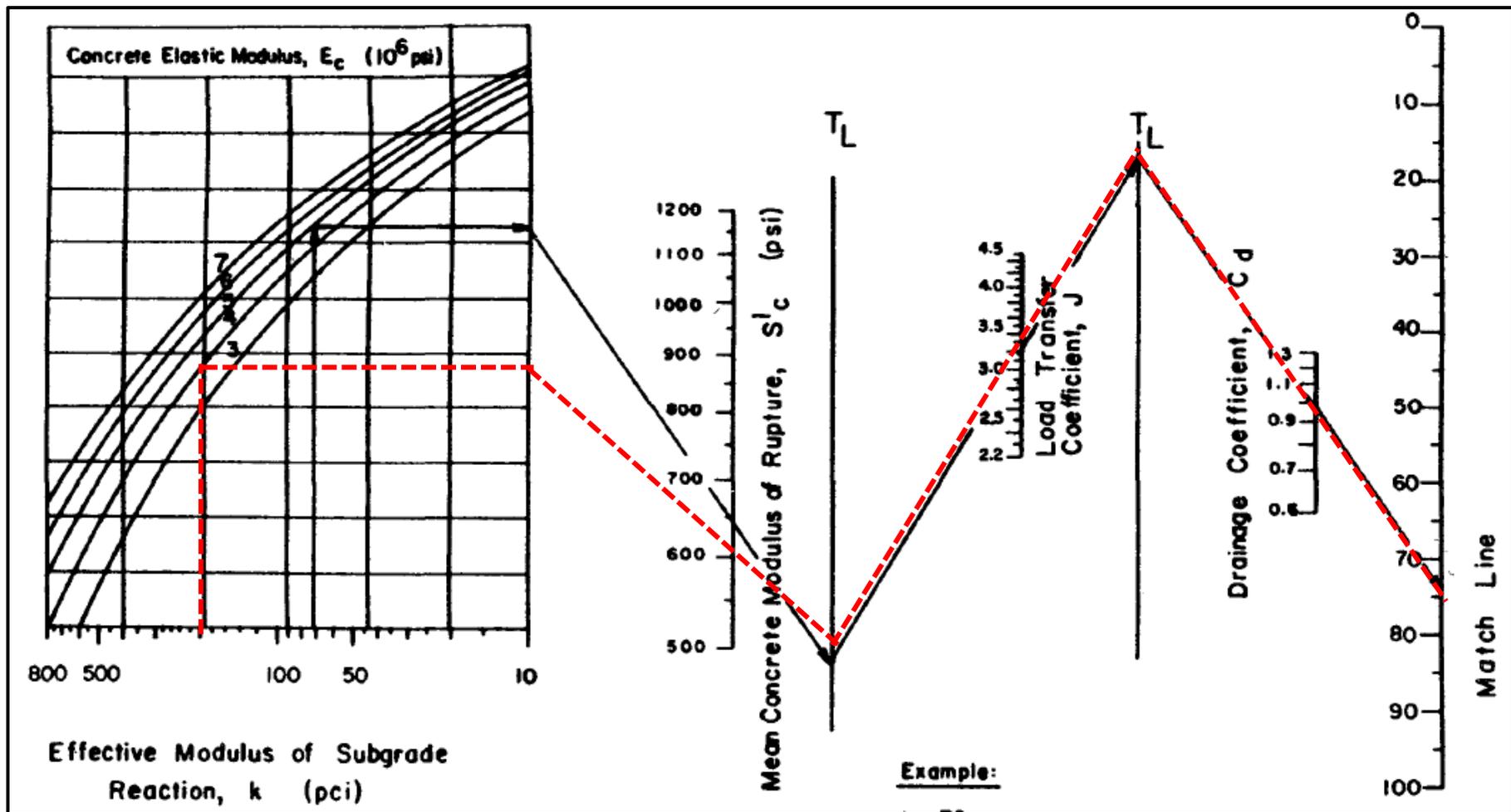


Figura N° 23: Nomograma para el cálculo del espesor de losa en pavimentos rígidos (parte I).

FUENTE: Guía de Diseño de AASHTO (1993).

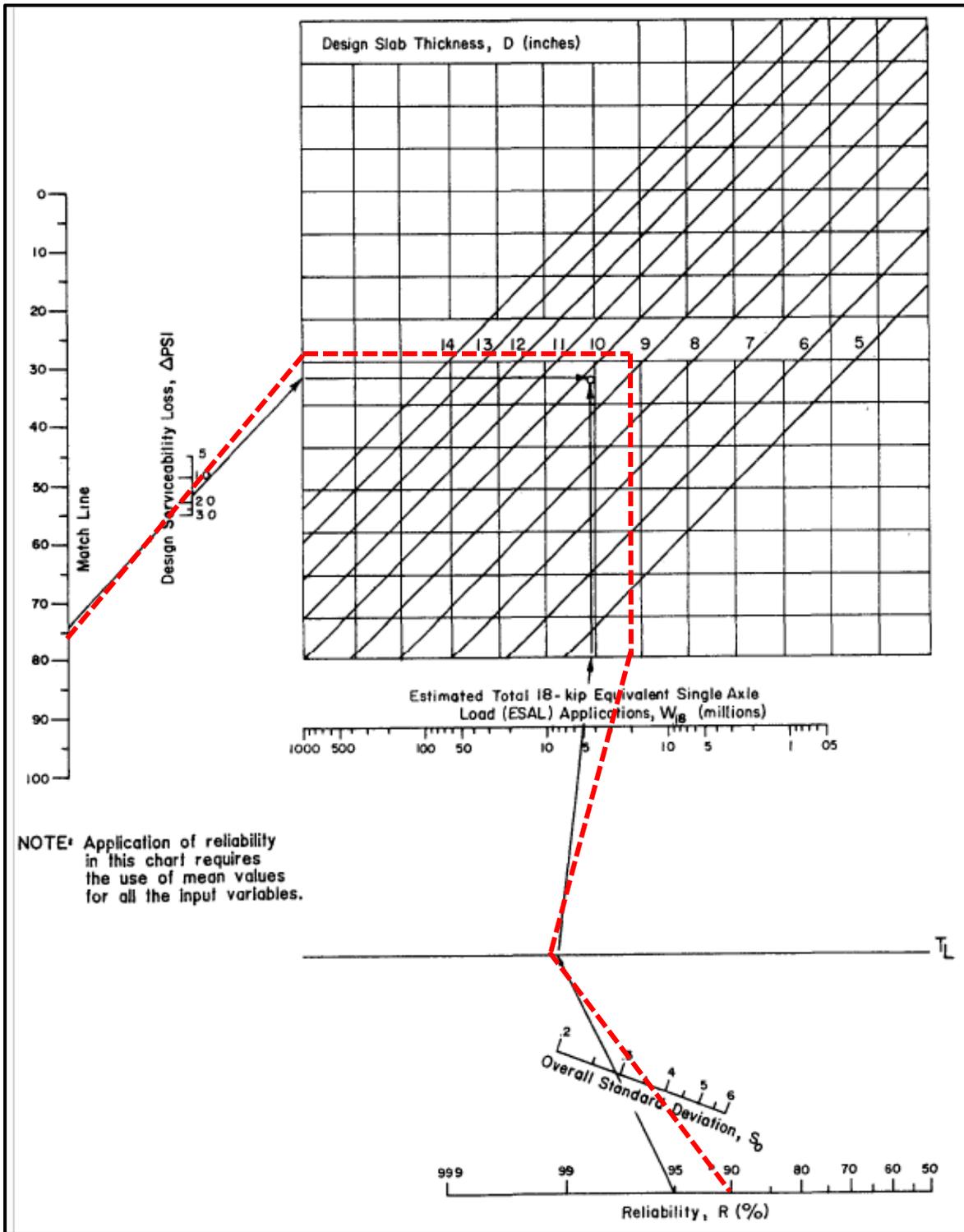


Figura N° 24: Nomograma para el cálculo del espesor de losa en pavimentos rígidos (parte II).

FUENTE: Guía de Diseño de AASHTO (1993).

3.2.4. Análisis de Costos en Partidas de Construcción, Operación y Mantenimiento de Pavimentos

Se evaluó el diseño de menor costo, de acuerdo al análisis de los precios unitarios de las partidas que involucran la construcción, operación y mantenimiento de los pavimentos flexibles y pavimentos rígidos.

- **Partidas y Sub-partidas de Obra**

Para el estudio, se seleccionaron algunas de las principales partidas y sub-partidas del proceso constructivo y las partidas y sub-partidas propuestas para el mantenimiento de las estructuras. En ellas, se calcularán los metrados de obra en relación a las características de la zona de estudio, para la elaboración de los presupuestos finales.

- **Análisis de Precios Unitarios**

Se trabajó en el análisis de precios unitarios en las partidas y sub-partidas seleccionadas del proceso constructivo y de las tareas de mantenimiento para ambos pavimentos. La información que se empleó para el análisis de precios unitarios es la siguiente:

- Determinación de los costos de mano de obra, costos de materiales y del alquiler de equipos, requeridas en la ejecución de cada partida de obra, en relación a los costos publicados en la Revista especializada para la construcción “COSTOS” 2018.
- Cálculo de los rendimientos de mano de obra, en función a lo sugerido en la Resolución Ministerial N° 175 del 09.04.68 (Rendimientos mínimos oficiales para las provincias de Lima y Callao) del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

- **Metrados**

La Norma Técnica de Metrados para Obras de Edificación y Habilitaciones Urbanas, precisó el desarrollo para la determinación de los metrados de las partidas seleccionadas, en función a su unidad de medida.

- **Presupuesto Final**

En la elaboración del presupuesto de obra, se consideró la suma de los costos directos y de los costos indirectos.

Los costos directos fueron calculados del análisis de precios unitarios y metrados de las partidas de obra.

Para el cálculo de los costos indirectos, se determinó el monto de los gastos generales (G.G.) y el monto del impuesto general a las ventas (I.G.V.) aplicados en la estructura del pie de presupuesto.

- Es importante indicar que para la determinación de las partidas y sub-partidas involucradas en el estudio, se analizaron los siguientes puntos:
 - En el proceso constructivo, se eligieron las tareas específicas para el proceso de construcción con cada tipo de material, sin considerar las actividades de transporte de materiales y movimiento de tierras.
 - En la etapa de operación y mantenimiento, se planteó un programa de mantenimiento de vías urbanas. En esta se propuso una serie de tareas de mantenimiento debido a la aparición de fallas comunes en ambos tipos de pavimentos. Además, que las tareas seleccionadas aseguran el cumplimiento de los niveles de servicio (límites mínimos admisibles), para el correcto y adecuado funcionamiento de las vías desde su puesta en marcha hasta el término de su ciclo de vida útil, sin trabajos de rehabilitación.
 - La selección y el análisis de cada una de las partidas, se desarrollaron en relación a los requerimientos técnicos descritos en el Manual de Especificaciones Técnicas (EG-2013) y el Manual de Conservación Vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

3.2.5. Estudio de Impacto Ambiental

Se desarrolló el estudio de impacto ambiental, el cual es orientado a la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que se generan por la ejecución de proyectos, de pavimentos urbanos a base de asfalto y a base de concreto en la zona de estudio. También, se planteó una serie de medidas de prevención, mitigación y/o compensación para los impactos potenciales identificados en la investigación.

a. Valoración de Impactos

Para el estudio, se planteó la valoración de los impactos ambientales desde el punto de vista ecológico, más no económico. Por lo que, se determinó la valoración de impactos de manera cuantitativa y cualitativa.

a.1. Observación, Muestreo y Análisis (Valoración Ecológica Cuantitativa)

Se efectuó el análisis para la valoración cuantificable de la variable temperatura en pavimentos urbanos, a base de asfalto y de concreto, ubicados en las avenidas al interior del Campus de la UNALM y en la avenida La Molina S/n La Molina, respectivamente; del distrito de La Molina, ciudad Lima.

Se empleó una serie de pasos para la obtención de resultados, que determinaron las conclusiones finales. Los cuales son:

- **Observación.** Primeramente, se seleccionó el área de trabajo, a partir de la disponibilidad al acceso y al muestreo en diferentes puntos de los pavimentos existentes.
- **Muestreo.** Luego, se trabajó en la toma de temperaturas en tres horarios (mañana, mediodía y tarde) para diferentes zonas pertenecientes al área de trabajo.
- **Análisis.** A continuación, con la información obtenida en campo, se realizó el análisis en gabinete.
- **Evaluación.** Por último, del análisis a los resultados obtenidos, se recomienda y se concluye.

• Identificación de variables

Se determinaron las variables principales para el desarrollo del estudio.

- **Temperatura.** Es una variable cuantificable, su unidad de medida es de grados Celsius. Para su medición se emplearon termómetros instalados sobre dos tipos de superficies (pavimentos asfálticos y pavimentos rígidos).
- **Tiempo.** Es una variable cuantificable, su unidad de medida es de minutos y horas. Para su medición se emplearon cronómetros durante el tiempo que se registró las lecturas de temperaturas por parte de los termómetros instalados sobre los dos tipos de superficies (pavimentos asfálticos y pavimentos rígidos).

• Materiales

Para el desarrollo del estudio, se utilizaron instrumentos de medición, herramientas y programas informáticos, para la tomas de muestras y su respectivo análisis.

- **Instrumentos de medición**
 - ❖ Termómetro de mercurio de -10° C a +150° C, marca Boeco Germany.
 - ❖ Cronómetro temporizador de mano PC3830A.
- **Herramientas y programa informáticos**
 - ❖ Cámara fotográfica, marca Sony DSC-W800.
 - ❖ Laptop ASUS Core i5, modelo K555L.
 - ❖ Software de ingeniería: AutoCAD 2013 inglés.
 - ❖ Programas informáticos: Microsoft Excel.

a.2. Evaluación de Impactos Ambientales (Valoración Ecológica Cualitativa)

Se realizó la evaluación de impactos ambientales para las dos alternativas de pavimentación, durante los trabajos ejecutados en las etapas de construcción, operación y mantenimiento, en el diseño de pavimentos flexibles o pavimentos rígidos sobre las vías al interior del Campus de la UNALM; por lo que, se aplicó el método de evaluación por la matriz de Leopold, para indicar los posibles impactos ambientales actuantes en la ejecución de estos dos tipos de pavimentos. Para el análisis correspondiente, los pasos a seguir son:

- **Identificación.** Primeramente, se identificó los posibles impactos generados.
- **Evaluación.** Luego, se desarrolló el método de evaluación de impactos ambientales.
- **Descripción.** A continuación, se realizó la descripción de los impactos y la afectación en el medio ambiente, de manera ordenada.
- **Plan de Medidas de Prevención, Mitigación y Corrección.** Se planteó las medidas preventivas, de mitigación y correctivas sobre los impactos ambientales identificados.
- **Resultados.** Por último, del análisis a los resultados obtenidos, se recomienda y se concluye.

- **Identificación de Impactos**

Para la identificación de impactos ambientales, se trabajó con la información existente de los planes de manejo ambiental de los proyectos ejecutados por la Oficina de Infraestructura Física (Unidad Ejecutora de Obras de la UNALM).

La información a utilizarse pertenece a los trabajos de recopilación y análisis para la formación de la línea base de los EIA (Estudio de Impacto Ambiental), el cual representa el estado actual del área de actuación, previo a la ejecución de los proyectos. Es importante

también señalar, que la identificación de impactos antes de ejecutarse los proyectos, se determinan por medio de indicadores de predicción ambiental.

- **Evaluación de Impactos**

Para este estudio, el procedimiento para el desarrollo de la metodología siguió los siguientes pasos:

- ❖ Identificación de las Actividades Impactantes.
- ❖ Identificación de los Factores Ambientales Afectables.
- ❖ Identificación de Impactos Ambientales.

La metodología de evaluación de impactos ambientales que se aplicó al estudio, es la matriz de Leopold. Este método se basa en el desarrollo de una matriz que acciona las actividades impactantes representadas en columnas y los factores ambientales representados en filas. En consecuencia, se obtiene como resultados los impactos a ser analizados y valorados en una escala del “1” al “3” para manifestar el grado de magnitud e importancia del impacto actuante (la escala de “1” se asignará a un impacto leve o bajo, “2” a un impacto moderado o medio, y “3” a un impacto severo o alto). La magnitud del impacto está acompañado de un signo positivo o negativo en base a la calificación del tipo de impacto identificado.

- **Descripción de Impactos**

La descripción de los impactos se realizó de manera ordenada sistemáticamente.

- **Plan de Medidas de Prevención, Mitigación y Corrección**

En este punto, se describió el plan de medidas correctivas y/o mitigación impactos para prevenir y remediar los posibles impactos perjudiciales al ambiente, por acción de los materiales que componen las capas superficiales en los dos tipos de pavimentos.

3.3. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS DOS ALTERNATIVAS DE PAVIMENTOS

El análisis se formuló para seleccionar la mejor alternativa de menor costo y de menor impacto ambiental entre los dos tipos de pavimentos (flexibles y rígidos) urbanos, durante la etapa de construcción, operación y mantenimiento.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. INFORMACIÓN GENERAL

Los tramos pertenecientes a la zona de estudio, comprenden las vías al interior del campus de la UNALM, específicamente los tramos que van desde la puerta principal hasta la puerta N° 1 (avenida Víctor Marie), desde la puerta N° 1 hasta la altura de la Facultad de Zootecnia (avenida Presidente López de Romaña), desde la Facultad de Zootecnia hasta la altura del Comedor Universitario (avenida Javier B. de la Flor) y, desde el comedor universitario hasta la puerta principal (avenida S/N). Las avenidas mencionadas anteriormente, están hechas a base de pavimentos asfálticos.

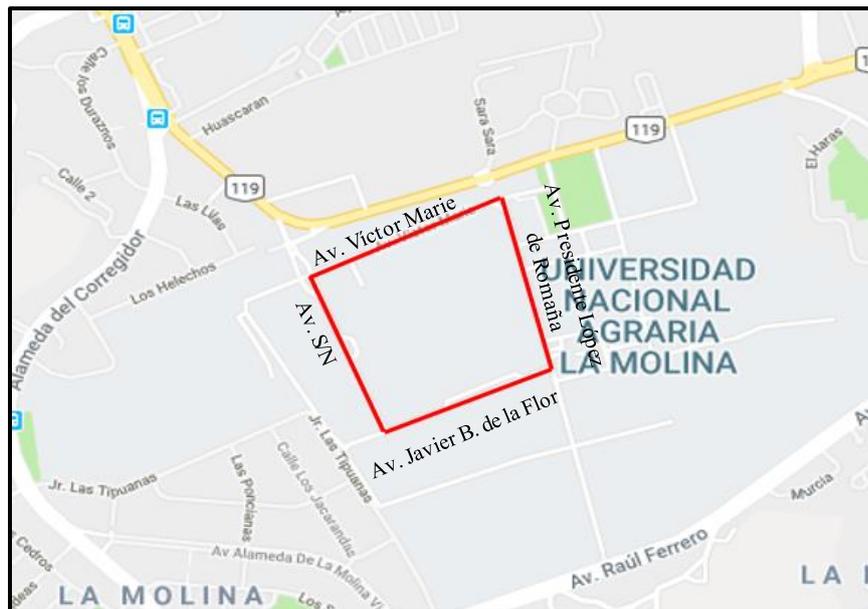


Figura N° 25: Delimitación de las vías en la zona de estudio.

FUENTE: Mapas de Calles de Lima Metropolitana.

- **Descripción de la zona de estudio**
 - El campus de la UNALM, ubicado en el distrito de La Molina, Provincia de Lima, Departamento de Lima, entre los 12° 00' 03'' y 12° 00' 07'' LS y 76° 51' 00'' LO.

- Los tramos de vías para la zona de estudio, tiene un área aproximado de 18,900 metros cuadrados (m²), el cual representa un 0.82 por ciento (%) del área total del campus de la UNALM.
- El clima en la zona, por lo general es templado con una altitud de 255 msnm (metros sobre el nivel del mar).
- La población universitaria está conformada principalmente por alumnos de pre-grado, alumnos de post-grado, docentes y personal administrativo. En la actualidad la UNALM, presta servicios orientados a la enseñanza e investigación para el desarrollo profesional y empresarial, y servicios extra-académicos (venta de productos).
- El acceso principal al campus, se realiza por la puerta principal, debido a que este acceso la universidad se conecta a vías colectoras y principales del distrito de La Molina.
- Actualmente, en las vías locales al interior del campus, se encuentran deterioradas con presencia de fallas típicas en este tipo de superficies (fisuras, piel de cocodrilo, agrietamientos, baches). La población en general y visitantes a la universidad, requieren condiciones adecuadas de transitabilidad, que permitan un tránsito seguro y acceso a las instalaciones del campus, en concordancia con el ambiente y que sea sostenible con el tiempo.

- **Características de diseño para las vías en la zona de estudio**

De las vías a intervenir en el área de estudio, se detallan las siguientes características:

- Un ancho de calzada variable (Ver planos ST-01, ST-02 en Anexos N° 11).
- Una longitud total de vía, de 2.20 kilómetros aproximadamente.
- Una calzada con 2 carriles y 2 direcciones diferentes en la vía.
- Una pendiente longitudinal de 0.5 por ciento (%) de diseño de la vía.
- Una pendiente transversal de 2 por ciento (%) de diseño de vía, en cada carril (con sentido, del centro de la calzada al borde de la misma).

4.2. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

4.2.1. Estudio de Tráfico

Los resultados obtenidos del registro diario de ingreso vehicular por la puerta principal al interior del campus, fue el valor del Índice Medio Diario Anual (IMDA) de vehículos para el período 2018.

a. Cálculo del Índice Medio Diario Anual (IMDA)

Tabla N° 42: Número de vehículos promedio a diario en el periodo 2018.

Configuración Vehicular	Cantidad de Vehículos (Repeticiones por vehículo)	%
Automóviles	452	93.97%
C2	12	2.49%
C3	4	0.83%
C4	1	0.21%
T2S3	1	0.21%
T3S3	1	0.21%
B2	9	1.87%
B3-1	1	0.21%
TOTAL	481	100%

FUENTE: Elaboración propia.

- Se determinó que el ingreso vehicular al campus fue de 481 vehículos por día, para el período 2018.
- Con esta información también se pudo determinar que la mayor frecuencia de vehículos que transitaron al interior del campus es de automóviles, con un valor muy significativo.
- Se determinó que existe poca afluencia vehicular del tipo C4, T2S3, T3S3 y B3-1, los cuales son catalogados como camiones simples, traylers, semitrayers y buses de transporte público, respectivamente.

b. Estimación del tránsito futuro

Para un período de 20 años, se determinó el crecimiento vehicular anual para los tramos de vías al interior del campus.

Debido a que no se tenía un registro continuo de los vehículos que transitaban en el campus para años pasados, en el presente estudio se decidió trabajar con los valores de la población total de la universidad, recopilados del Boletín de la UNALM.

b.1. Estimación de la Tasa de Crecimiento Poblacional

Se obtuvo los valores de la tasa de crecimiento poblacional, mediante el método geométrico, que se ajusta mejor para este tipo de proyectos.

Tabla N° 43: Cálculo de la Tasa de Crecimiento Poblacional.

AÑO	Población Total UNALM					Tasa de Crecimiento Poblacional
	N° alumnos de pregrado	N° de alumnos de postgrado	N° de docentes	N° de personal administrativo	N° TOTAL	
2002	4578	694	472	482	6226	1.43%
2003	4524	796	474	480	6274	
2004	4527	810	472	465	6274	
2005	5336	867	468	469	7140	
2006	5447	833	476	472	7228	
2007	5205	852	471	481	7009	
2008	4812	858	475	482	6627	
2009	5007	922	480	482	6891	
2010	5158	1103	478	477	7216	
2011	5222	1034	476	445	7177	
2012	5245	1159	475	454	7333	
2013	5206	1200	511	476	7393	
2014	5158	1207	511	480	7356	
2015	5155	1270	508	485	7418	
2016	5290	1373	508	485	7656	
2017	5247	1457	508	490	7702	

FUENTE: Elaboración propia.

La tasa de crecimiento promedio se utilizó para la estimación del tránsito futuro durante el periodo de análisis, mediante el método geométrico.

Tabla N° 44: Crecimiento del tránsito durante el período de análisis.

Año	n (años)	r	T ₀ (vehículo/día)	T _f (vehículo/día)
2018	0	1.43%	481.00	481.00
2023	5	1.43%	481.00	516.35
2028	10	1.43%	481.00	554.30
2033	15	1.43%	481.00	595.03
2038	20	1.43%	481.00	638.76

FUENTE: Elaboración propia.

Los valores del tránsito futuro para los años comprendidos en el período de análisis, se representan como los valores de Índice Medio Diario Anual.

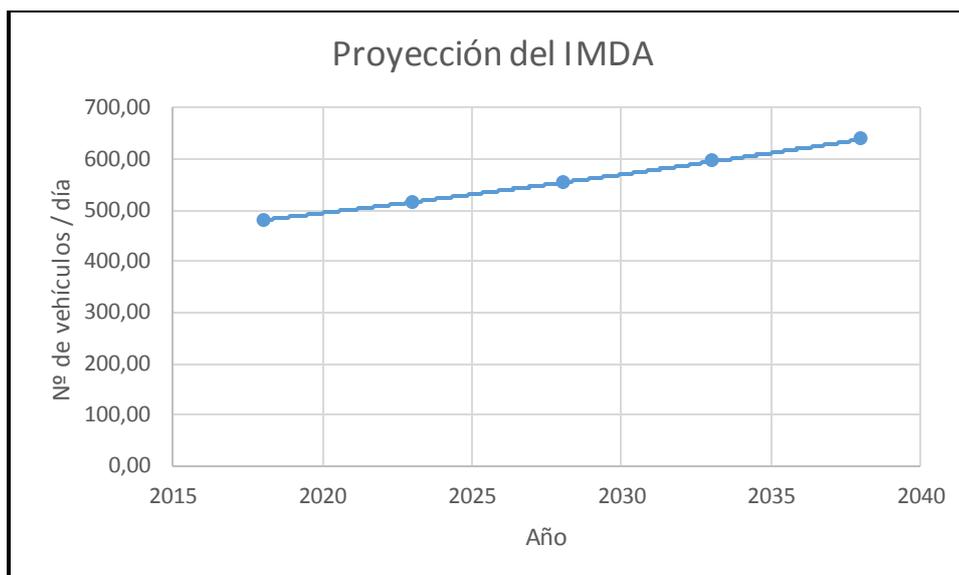


Gráfico N° 01: Proyección del IMDA (Índice Medio Diario Anual) en los próximos 20 años.

FUENTE: Elaboración propia.

c. Tránsito de diseño

Para el cálculo del tránsito de diseño en los pavimentos (flexibles y rígidos), se trabajó con los resultados obtenidos del Tráfico Medio Diario (ADT_0) y de los factores destructivos (EALF y LEF).

c.1. Factores Destructivos

- **Cálculo de Factor de Carga del Eje Equivalente (EALF) para pavimentos flexibles**

Tabla N° 45: Valores de EALF (Equivalent Axle Load Factor) para pavimentos flexibles.

Conjunto de eje(s)	Conjunto de eje(s)	Nomenclatura	Nº de Neumáticos	Peso máximo por eje(s) (ton)	Carga por eje (kips)	EALF (AASHTO)
EJE SIMPLE	Simple	1RS	2	7	15.4	0.632
EJE SIMPLE	Simple	1RD	4	11	24.3	2.633
EJE TANDEM	Doble	1RS+1RD	6	16	35.3	1.293
EJE TANDEM	Doble	2RD	8	18	39.7	1.858
EJE TRIDEM	Triple	1RS+2RD	10	23	50.7	1.372
EJE TRIDEM	Triple	3RD	12	25	55.1	1.764

FUENTE: Elaboración propia.

- Los valores calculados del Factor Equivalente por Eje, fueron utilizados para determinar el número de ejes equivalentes en el diseño de los pavimentos flexibles.
 - De los resultados, se identificó que el daño ocasionado por el peso de un vehículo sobre la vía, es distribuido a la largo del número de ejes de forma proporcional al tipo de configuración (simple, tándem o trídem) que presenta.
 - Con una serviciabilidad final de 3 y un Número estructural de 3.30 se logró determinar los valores del Factor de Carga del Eje Equivalente (EALF) finales.
 - Se identificó, que para el mismo tramo de vía en estudio, con un valor de serviciabilidad final y un número de estructural determinado, los valores del Factor de Carga del Eje Equivalente (EALF) son propios para cada tipo de vehículo que transita sobre la vía.
- **Cálculo de Factor de Equivalencia de Carga (LEF) para pavimentos flexibles**

Tabla N° 46: Valores de LEF (Load Equivalency Factor) para pavimentos flexibles.

CONFIGURACIÓN VEHICULAR	Peso máximo (t)					EALF					Factor de equivalencia (LEF)
	Eje Delant.	Conjuntos de ejes posteriores				Eje Delant.	Conjuntos de ejes posteriores				
		1°	2°	3°	4°		1°	2°	3°	4°	
Automóviles	7	7	-	-	-	0.632	0.632	-	-	-	1.263
C2	7	11	-	-	-	0.632	2.633	-	-	-	3.265
C3	7	18	-	-	-	0.632	1.858	-	-	-	2.490
C4	7	23(1)	-	-	-	0.632	1.372	-	-	-	2.003
T2S3	7	11	25	-	-	0.632	2.633	1.764	-	-	5.028
T3S3	7	18	25	-	-	0.632	1.858	1.764	-	-	4.253
B2	7	11	-	-	-	0.632	2.633	-	-	-	3.265
B3-1	7	16	-	-	-	0.632	1.293	-	-	-	1.925

FUENTE: Elaboración propia.

- De la sumatoria de los valores del Factor de Carga del Eje Equivalente (EALF) de los ejes que componen un vehículo, se logró determinar los valores del Factor de Equivalencia (LEF) para cada tipo de vehículo que se registra.
- El valor del Factor de Equivalencia (LEF) es propio de cada tipo de vehículo que transita sobre un mismo tramo de vía.

- **Cálculo de Factor de Carga del Eje Equivalente (EALF) para pavimentos rígidos**

Tabla N° 47: Valores de EALF (*Equivalent Axle Load Factor*) para pavimentos rígidos.

Conjunto de eje(s)	Conjunto de eje(s)	Nomenclatura	N° de Neumáticos	Peso máximo por eje(s) (ton)	Carga por eje (kips)	EALF (AASHTO)
EJE SIMPLE	Simple	1RS	2	7	15.4	0.507
EJE SIMPLE	Simple	1RD	4	11	24.3	3.476
EJE TANDEM	Doble	1RS+1RD	6	16	35.3	2.210
EJE TANDEM	Doble	2RD	8	18	39.7	3.586
EJE TRIDEM	Triple	1RS+2RD	10	23	50.7	3.081
EJE TRIDEM	Triple	3RD	12	25	55.1	4.301

FUENTE: Elaboración propia.

- Con una serviciabilidad final de 3 y un espesor de losa de 10 pulgadas se logró determinar los valores del Factor de Carga del Eje Equivalente (EALF) finales.
- Se identificó, que para el mismo tramo de vía en estudio, con un valor de serviciabilidad final y espesor de losa, los valores del Factor de Carga del Eje Equivalente (EALF) son propios para cada tipo de vehículo que transita sobre la vía.
- De los resultados, se identificó que los daños originados por el tránsito de un vehículo sobre una vía de pavimentos asfálticos es diferente a los pavimentos de concreto. Estos, presentan valores menores con respecto a los primeros pavimentos, para vehículos con ejes simples de rueda doble, ejes tandem y ejes tridem.

- **Calculo de Factor de Equivalencia de Carga (LEF) para pavimentos rígidos**

Tabla N° 48: Valores de LEF (Load Equivalency Factor) para pavimentos rígidos.

CONFIGURACIÓN VEHICULAR	Peso máximo (t)					EALF					Factor de equivalencia (LEF)
	Eje Delant.	Conjuntos de ejes posteriores				Eje Delant.	Conjuntos de ejes posteriores				
		1°	2°	3°	4°		1°	2°	3°	4°	
Automóviles	7	7	-	-	-	0.507	0.507	-	-	-	1.014
C2	7	11	-	-	-	0.507	3.476	-	-	-	3.983
C3	7	18	-	-	-	0.507	3.586	-	-	-	4.093
C4	7	23(1)	-	-	-	0.507	3.081	-	-	-	3.589
T2S3	7	11	25	-	-	0.507	3.476	4.301	-	-	8.284
T3S3	7	18	25	-	-	0.507	3.586	4.301	-	-	8.394
B2	7	11	-	-	-	0.507	3.476	-	-	-	3.983
B3-1	7	16	-	-	-	0.507	2.210	-	-	-	2.717

FUENTE: Elaboración propia.

- De los resultados, se identificó un mayor impacto de los factores destructivos en vehículos del tipo: C2, C3, C4, T2S3, T3S3, B2 y B3-1, para el diseño de pavimentos rígidos.

c.2. Proyección del Tráfico

- **Cálculo del Tráfico Medio Diario (ADT₀)**

Tabla N° 49: Valores del ADT₀ (Tráfico Medio Diario) en pavimentos (flexibles y rígidos).

Configuración Vehicular	Cantidad de Vehículos (Repeticiones por vehículo)	Factor Destructivo o Factor de Equivalencia (LEF)		ADT ₀ (Tráfico Medio Diario)	
		Flexible	Rígido	Flexible	Rígido
Automóviles	452	1.263	1.014	570.935	458.543
C2	12	3.265	3.983	39.175	47.796
C3	4	2.490	4.093	9.958	16.373
C4	1	2.003	3.589	2.003	3.589
T2S3	1	5.028	8.284	5.028	8.284
T3S3	1	4.253	8.394	4.253	8.394
B2	9	3.265	3.983	29.381	35.847
B3-1	1	1.925	2.717	1.925	2.717
TOTAL	481			662.660	581.544

FUENTE: Elaboración propia.

- El cálculo del ADT_0 (Tráfico Medio Diario) se determinó de la sumatoria de la multiplicación del IMDA (Índice Medio Diario Anual) para cada vehículo por su respectivo factor destructivo (LEF), para todos los que transitan por los tramos de vía de la zona de estudio.
- De los resultados, se determinó un tráfico medio diario de 662.66 vehículos por día para el diseño de pavimentos flexibles y, de 581.54 vehículos por día para el diseño de pavimentos rígidos.
- Los resultados determinaron un mayor efecto de la carga producida por el tráfico de vehículos sobre pavimentos flexibles a diferencia del diseño de pavimentos rígidos.
- Para el diseño de ambos pavimentos (flexibles y rígidos), se determinó que el tránsito de automóviles por los tramos de vías de la zona de estudio, ocasionan un mayor efecto de carga.

- **Cálculo de ESAL para pavimentos flexibles y ESAL para pavimentos rígidos**

Finalmente, con los resultados obtenidos de los datos anteriores, se procedió con el cálculo del número de ejes equivalentes para ambos pavimentos (flexibles y rígidos). Para lo cual se necesitó los valores calculados del tráfico medio diario, y el cálculo de los valores para las variables de entrada en la ecuación propuesta por el método de AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), tales como: porcentaje de camiones en el ADT (Tráfico Medio Diario), número de aplicaciones de carga de ejes, factor de distribución direccional, factor de distribución de carril, periodo de diseño, tasa de crecimiento y factor de crecimiento.

Tabla N° 50: Variables de entrada para el cálculo del ESAL en pavimentos flexibles.

Parámetro	Descripción	Valor
ADT_0	Tráfico Medio Diario	662.66
T	Porcentaje de camiones en el ADT	1
T_f	Número de aplicaciones de carga de ejes de 18 kip por camión	1
D	Factor de Distribución Direccional	0.50
L	Factor de Distribución de Carril	0.80
Y	Período de diseño o de análisis	20
r	Tasa de Crecimiento en porcentaje	1.43%
G	Factor de Crecimiento	1.15
GY	Factor Total de Crecimiento	22.96
365	Constante	365
ESAL	Número de Ejes Equivalentes	2,776,844.44

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla N° 51: Variables de entrada para el cálculo del ESAL en pavimentos rígidos.

Parámetro	Descripción	Valor
ADT ₀	Tráfico Medio Diario.	581.54
T	Porcentaje de camiones en el ADT.	1
T _f	Numero de aplicaciones de carga de ejes de 18 kip por camión.	1
D	Factor de Distribución Direccional.	0.50
L	Factor de Distribución de Carril.	0.80
Y	Período de diseño o de análisis.	20
r	Tasa de Crecimiento en porcentaje.	1.43%
G	Factor de Crecimiento.	1.15
GY	Factor Total de Crecimiento.	22.96
365	Constante	365
ESAL	Número de Ejes Equivalentes	2,436,932.57

FUENTE: Elaboración propia.

- Del cálculo de los valores del IMDA (Índice Medio Diario Anual) mostrados en la Tabla N° 42, se observó un 0.21 por ciento (%) de frecuencia para el tránsito de camiones (T2S3, T3S3) sobre las vías del campus. Debido a la baja concurrencia de camiones en la zona de estudio, se consideró valores iguales a 1, para las variables de entrada: porcentaje de camiones en el ADT (T) y número de aplicaciones de carga de ejes por camión (T_f).
- En la zona de estudio, el diseño de los tramos de vías registran 2 sentidos y 2 carriles, por lo que haciendo uso de la tabla N° 34, se determinaron los valores de 0.5 y 0.8 para el factor de distribución direccional y el factor de distribución de carril, respectivamente.
- Para el presente estudio, se determinó un período de diseño o de análisis igual a 20 años.
- Del cálculo de la estimación de la tasa de crecimiento, se determinó un valor de 1.43 por ciento (%).
- Se determinó un valor de 1.15 para el cálculo del factor de crecimiento con la aplicación de la fórmula N° 56.
- Con el uso de la misma fórmula, se calculó el valor de 22.96 para el factor total de crecimiento.
- De los resultados obtenidos anteriormente, fueron aplicados a la fórmula N° 18, logrando valores de 2,776,844.44 y 2,436,932.57 para los ESAL (Número de Ejes Equivalentes) en pavimentos flexibles y en pavimentos rígidos, respectivamente.

Se determinó para el presente estudio, la proyección de los valores de ESAL (Número de Ejes Equivalentes) en pavimentos flexibles y pavimentos rígidos, durante el período de análisis.

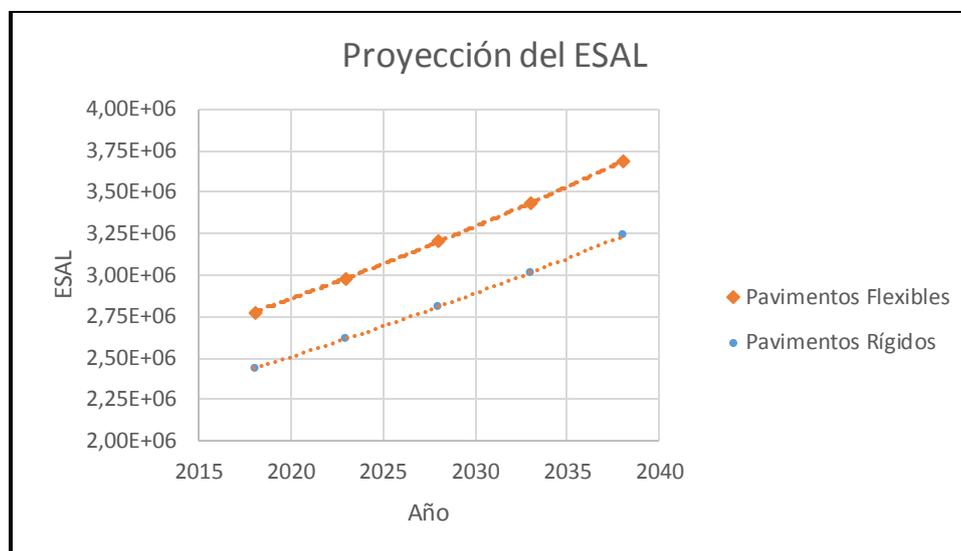


Gráfico N° 02: Proyección de ESAL (Número de Ejes Equivalentes) en los próximos 20 años.

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla N° 52: Valores de ESAL (Número de Ejes Equivalentes) para diferentes años del período de análisis.

Tipo de Pavimentos	Período de Análisis			
	5	10	15	20
Pavimento Flexibles	2.98E+06	3.20E+06	3.44E+06	3.69E+06
Pavimento Rígidos	2.62E+06	2.81E+06	3.01E+06	3.24E+06

FUENTE: Elaboración propia.

- En el Gráfico N°02, se observó que los valores de ESAL (Número de Ejes Equivalentes) para pavimentos flexibles siempre son mayores que para pavimentos rígidos, durante el período de análisis de los próximos 20 años.
- De los resultados de valores de ESAL (Número de Ejes Equivalentes) para ambos pavimentos (flexibles y rígidos), serán aplicados para el diseño y cálculo de los espesores de las capas que los componen.

4.2.2. Estudios de Mecánica de Suelos

Para este estudio, los datos fueron recopilados de los estudios de mecánica de suelos realizados para las obras de la Oficina de Infraestructura Física (Unidad Ejecutora de Obras de la UNALM).

a. Caracterización del Suelo de Fundación

- Los resultados del análisis de la caracterización física para el suelo de fundación, se muestran en la tabla N° 53.

Tabla N° 53: Resumen de ensayos de clasificación de suelos.

Calicata	Capa	Profundidad (m)	W %	LL	LP	IP	SUCS	AASHTO	Descripción
C - 1	M - 1	0.15 - 0.65	7.42	18.55	16.98	1.57	SM	A - 4 - (3)	Arena Limosa
C - 2	M - 1	0.10 - 1.00	4.53	8.12	7.69	0.43	SM	A - 2 - 4 - (0)	Arena Limosa
C - 3	M - 1	0.20 - 2.00	6.3	21.85	19.23	2.62	SM	A - 4 - (1)	Arena Limosa

FUENTE: Estudios de Mecánica de Suelos para obras en la UNALM.

- Del análisis a las propiedades físicas del suelo, se pudo identificar que el suelo predominante es del tipo “SM” en la clasificación de SUCS (ASTM-D-2487), es decir un suelo arena limosa, con porcentajes de arena y finos.
- El suelo registró condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un porcentaje (%) de la relación de soporte (Ensayo de CBR).
- De los ensayos de CBR (*California Bearing Ratio*), se obtuvo el valor del CBR de diseño al 95 por ciento (%) de la Máxima Densidad Seca y a una penetración de carga de 2.54 milímetros (1 pulgada).
- Para este estudio, el valor del CBR (*California Bearing Ratio*) representativo de la subrasante a utilizar en el diseño, se logró en base a la incidencia de cada tipo de suelo a lo largo de todos los tramos analizados.

Tabla N° 54: Resumen de Capacidad de Soporte.

Calicata	Capa	Profundidad (m)	Clasificación		Proctor Modificado		CBR 95%
			SUCS	AASHTO	MDS (gr/cm ³)	OCH	
C - 1	M - 1	0.15 - 0.65	SM	A - 4 - (3)	1.95	8.70	17.20
C - 2	M - 1	0.10 - 1.00	SM	A - 2 - 4 (0)	1.96	8.62	17.40
Promedio							17.30

FUENTE: Estudios de Mecánica de Suelos para obras en la UNALM.

- Se obtuvo un CBR de diseño de 17.30 por ciento (%), a partir de una ponderación de los CBR (*California Bearing Ratio*) calculados para los tipos de suelos encontrados en el registro de las excavaciones (calicatas a diferentes profundidades).
- Haciendo uso de la tabla N° 06 y del valor de CBR (*California Bearing Ratio*) de diseño calculado, se determinó una subrasante del tipo “S₃”, es decir una subrasante buena.
- La determinación del tipo de subrasante, indico un suelo de fundación con buena capacidad portante.

b. Características de las Capas Granulares

Para este estudio, se consideró que los materiales adecuados para el diseño de las capas granulares cumplen con los requerimientos técnicos según la norma CE0.10 Pavimentos Urbanos del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS).

• Sub-base

- Para el presente estudio, se consideró el diseño de la sub-base en pavimentos flexibles y pavimentos rígidos.
- En la tabla N° 55, se tiene cuatro tipos de gradaciones para el diseño de la sub-base según la norma CE0.10 Pavimentos Urbanos del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS).

Tabla N° 55: Requerimientos Granulométricos para Sub-Base Granular.

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA EN PESO			
	GRADACIÓN A*	GRADACIÓN B	GRADACIÓN C	GRADACIÓN D
50 mm (2")	100	100	-	-
25 mm (1")	-	75 - 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
4.75 mm (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 um (N° 40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
75 um (N° 200)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 - 15

FUENTE: Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos (2010).

- Por las características de la zona de estudio, se recomendó que el material cumpla con cualquiera de las gradaciones “B”, “C” o “D”, debido a que la gradación “A” es recomendado solo para zonas con una altitud mayor a 3000 msnm.

- Se recomendó que los materiales utilizados para el diseño de la capa granular, cumplan con los requerimiento de calidad descritos en tabla N° 56.

Tabla N° 56: Requerimientos de Calidad para Sub-Base Granular

ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTO	
		< 3000 msnm	> 3000 msnm
Abrasión Los Ángeles	NTP 400.019:2002	50 % máximo	
CBR de laboratorio	NTP 339.145:1999	30 - 40 % mínimo*	
Límite Líquido	NTP 339.129:1999	25 % máximo	
Índice de Plasticidad	NTP 339.129:1999	6 % máximo	4 % máximo
Equivalente de Arena	NTP 339.146:2000	25 % mínimo	35 % mínimo
Sales Solubles Totales	NTP 339.152:2002	1 % máximo	

FUENTE: Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos (2010).

- Para el diseño de pavimentos flexibles, el CBR (*California Bearing Ratio*) de diseño mínimo recomendado es de 40 por ciento (%), al 95 por ciento (%) de la MDS (Máxima Densidad Seca).
- En el caso de pavimentos rígidos, el CBR (*California Bearing Ratio*) de diseño mínimo recomendado es de 30 por ciento (%), al 95 por ciento (%) de la MDS (Máxima Densidad Seca).

- **Base**

- Para el presente estudio, se consideró el diseño de la base solo en pavimentos flexibles.
- En la tabla N° 57, se tiene cuatro tipos de gradaciones para el diseño de la sub-base según la norma CE0.10 Pavimentos Urbanos del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS).

Tabla N° 57: Requerimientos Granulométricos para Base Granular.

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA EN PESO			
	GRADACIÓN	GRADACIÓN	GRADACIÓN	GRADACIÓN
	A*	B	C	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 um (N° 40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
75 um (N° 200)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 - 15

FUENTE: Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos (2010).

- Por las características de la zona de estudio, se recomendó que el material cumpla con cualquiera de las gradaciones “B”, “C” o “D”, debido a que la gradación “A” es recomendado solo para zonas con una altitud mayor a 3000 msnm.
- En la tabla N° 58, se observó que el CBR (*California Bearing Ratio*) de diseño mínimo recomendado es de 80 por ciento (%), debido a que las vías de la zona estudio son clasificadas como vías locales.

Tabla N° 58: Valores de CBR (*California Bearing Ratio*) en función del tipo de vía.

Tipo de Vías	Valor Relativo de Soporte de CBR
Vías Locales y Colectoras	Mínimo 80 %
Vías Arteriales y Expresas	Mínimo 100 %

FUENTE: Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos (2010).

- Se recomendó que los materiales utilizados para el diseño de la capa granular, cumplan con los requerimientos de calidad descritos en tabla N° 59.

Tabla N° 59: Requerimientos del Agregado Grueso de Base Granular.

ENSAYO	NORMA	REQUERIMIENTO	
		< 3000 msnm	> 3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E210-2000	80 % mínimo	
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E210-2000	40 % mínimo	50 % mínimo
Abrasión Los Ángeles	NTP 400.019:2002	40 % máximo	
Sales Solubles	NTP 339.152:2002	0.5 % máximo	
Pérdida con Sulfato de Sodio	NTP 400.016:1999	-	12 % máximo
Pérdida con Sulfato de Magnesio	NTP 400.016:1999	-	18 % máximo

FUENTE: Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos (2010).

4.2.3. Datos Meteorológicos

Tabla N° 60: Valores de temperatura promedio mensual.

Temp. Promedio (°C)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.38	18.71	21.78
2014	23.96	23.23	23.48	20.49	22.45	18.46	15.70	15.55	15.79	17.17	18.67	20.10
2015	21.84	24.20	24.07	22.07	18.92	19.37	17.38	16.79	17.63	18.55	18.87	20.78
2016	23.36	25.19	25.15	22.50	19.61	16.81	16.44	15.91	16.71	17.77	19.25	21.27
2017	24.61	25.42	25.48	22.47	20.07	17.49	16.76	15.71	15.65	17.02	17.82	20.03
2018	22.52	23.80	22.87	21.84	18.59	15.74	15.73	15.46	16.31	17.83	19.25	21.09
Promedio	23.26	24.37	24.21	21.88	19.93	17.57	16.40	15.88	16.42	17.62	18.76	20.84

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla N° 61: Valores de temperatura máxima promedio mensual.

Temp. Máxima (°C)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.20	21.99	25.96
2014	28.22	28.79	28.96	25.03	23.79	21.30	18.44	19.10	19.46	21.76	22.57	24.61
2015	26.54	29.03	29.51	27.18	24.66	22.83	20.59	20.25	21.55	22.77	22.87	25.08
2016	28.10	30.17	30.66	28.16	25.65	20.99	19.44	19.28	20.62	21.95	24.59	26.80
2017	29.31	30.69	30.43	27.64	23.94	20.61	20.28	19.44	19.42	22.50	23.08	24.41
2018	27.50	28.63	28.37	27.43	23.83	17.95	18.50	18.81	20.56	27.98	27.90	27.55
Promedio	27.93	29.46	29.59	27.09	24.37	20.73	19.45	19.38	20.32	23.03	23.83	25.74

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla N° 62: Valores de temperatura mínima promedio mensual.

Temp. Mínima (°C)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.49	15.33	22.93
2014	20.01	18.85	19.38	16.71	20.58	16.71	14.35	13.55	13.86	14.37	15.90	17.01
2015	18.54	20.40	20.12	18.32	17.19	16.91	15.69	14.75	15.34	16.16	16.64	17.97
2016	19.79	21.55	20.58	18.60	15.69	14.18	14.62	13.87	14.49	14.97	14.72	17.21
2017	21.01	21.25	21.67	18.76	17.54	15.59	14.47	13.64	13.56	13.77	14.50	16.64
2018	18.66	19.75	19.00	17.55	15.14	14.05	13.98	13.71	13.84	14.98	15.61	17.14
Promedio	19.60	20.36	20.15	17.99	17.23	15.49	14.62	13.90	14.22	14.79	15.45	18.15

FUENTE: Elaboración propia.

- Las temperaturas máximas de la zona fueron determinados en un rango de 25°C a 30°C.
- Se determinó un rango de temperaturas mínimas entre 13.5°C a 15.5°C.
- Los valores de la temperatura promedio de aire anual se encuentran en un rango de 16°C a 24°C.
- En los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril, se registran las temperaturas máximas.
- Se observó que los meses con menores temperaturas son: junio, julio, agosto, setiembre, octubre y noviembre.
- El efecto negativo de este factor climático será significativo sobre el diseño de los pavimentos, debido a la existencia de temperaturas máximas que alcanzan los 30 grados Celsius, para la zona de estudio.

Tabla N° 63: Valores de precipitación mensual y anual.

Precipitación (mm)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Pp. Anual
2013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.60	0.30	0.90
2014	1.80	3.90	0.90	0.60	0.00	1.70	4.20	4.20	5.10	1.20	0.70	0.50	24.80
2015	3.10	1.30	6.00	3.10	1.00	-	1.60	1.50	3.70	2.00	2.70	1.80	27.80
2016	2.70	5.40	0.00	-	3.00	1.80	2.60	4.80	1.00	-	0.00	-	21.30
2017	4.00	3.00	5.00	0.90	2.10	2.50	1.10	3.90	4.60	0.30	0.30	-	27.70
2018	1.20	3.10	0.40	2.50	0.60	5.70	7.80	2.30	1.10	-	0.7	0.3	25.70
Promedio	2.56	3.34	2.46	1.78	1.34	2.93	3.46	3.34	3.10	0.88	0.83	0.73	

FUENTE: Elaboración propia.

- La máxima precipitación mensual registrada en los últimos seis años en la estación de Von Humboldt ha sido de 7.80 milímetros.
- De los valores de tabla N° 63, se observó que las precipitaciones anuales son bajas, varían de 21.30 a 27.80 milímetros de lluvia al año.
- El promedio de precipitaciones mensuales no superan los 4 milímetros de lluvia, es así que se determina un efecto negativo leve de esta variable climática, sobre el diseño de los pavimentos en la zona de estudio.

4.3. DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

4.3.1. Método de AASHTO 93 de diseño

De los resultados y datos provenientes de los estudios de tráfico, estudios de mecánica de suelos y estudios pluviométricos, se calcularon las variables de entrada aplicadas en la ecuación de AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) para el diseño de pavimentos flexibles.

a. Período de Análisis

Para el diseño de pavimentos flexibles sobre las vías de la zona de estudio, se determinó un período de análisis de 20 años.

b. Variables de entrada

Tabla N° 64: Valores de las variables de entrada para el cálculo del Número Estructural Requerido (SN).

Descripción	Variable	Base	Sub-Base	Subrasante
ESAL	W_{18}	2,78 millones	2,78 millones	2,78 millones
CBR	CBR (%)	144	40	17.30
Módulo de Resiliencia	MR (MPA)	423.89	186.73	107.99
Confiabilidad	R (%)	90	90	90
Desviación Estándar Normal	Z_R	-1.282	-1.282	-1.282
Desviación Estándar Combinado	S_0	0.45	0.45	0.45
Serviciabilidad Inicial	P_i	4.20	4.20	4.20
Serviciabilidad Final	P_f	3.00	3.00	3.00
Variación de Serviciosabilidad	ΔPSI	1.20	1.20	1.20
Número Estructural Requerido	SN	1.84	2.59	3.29

FUENTE: Elaboración propia.

- Se determinó un valor de 2.78 millones del Número de Ejes Equivalentes para la variable (W_{18}).
- Para un CBR (*California Bearing Ratio*) de diseño de 17.30 por ciento (%) de la subrasante al 95 por ciento (%) de MDS (Máxima densidad seca), se obtuvo un módulo de resiliencia de 107.99 MPA (Megapascals).
- Las vías de la zona de estudio, son clasificadas como vías locales, y evitando un sobredimensionamiento de los pavimentos a diseñarse en ellas, se estimó un valor de confiabilidad igual al 90 por ciento (%).
- Del porcentaje estimado para la confiabilidad (R %), se determinó un valor de -1.282 para la desviación estándar normal (Z_R).
- Para el cálculo de la desviación estándar combinado (S_0), se estimó un valor recomendado por el método de AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), igual a 0.45.
- De los valores recomendados por AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), se determinaron los valores de 4.2 y 3, como serviciabilidad inicial (P_i) y serviciabilidad final (P_f), respectivamente.
- Con los valores de serviciabilidad (inicial y final), se logró estimar un valor de 1.2 como variación de serviciabilidad (ΔPSI).
- El número estructural de diseño para la subrasante es de 3.29, el cual es utilizado para el cálculo de los espesores finales de las capas que componen los pavimentos.
- Para el diseño de la sub-base (capa granular), se determinó un CBR (al 95 % de la Máxima Densidad Seca) de 40 por ciento (%) y un módulo de resiliencia igual a 186.73 MPA (Megapascals).
- Se calculó un CBR (al 100 % de la Máxima Densidad Seca) de 144 por ciento (%) y un módulo de resiliencia de 423.89 MPA (Megapascals), para el diseño de la base (capa granular). El valor alto del CBR (*California Bearing Ratio*) exige una mejor calidad de los materiales presentes en el diseño de la capa.
- El cálculo de los Números Estructurales requeridos para la base (SN_1), sub-base (SN_2) y subrasante (SN_3), fueron utilizados para determinar los espesores de: la capa asfáltica, base y sub-base, respectivamente.

Tabla N° 65: Espesores mínimos de diseño para pavimentos flexibles.

Coeficiente de Drenaje	Coeficiente Estructural	Módulo de Resiliencia	Número Estructural	Espesor de Capa		Espesor de capa mínima
				D ₁ (pulg)	D* ₁ (cm)	
	a₁	Mr₁ (MPA)	SN₁	D₁ (pulg)	D*₁ (cm)	D₁ (cm)
	0.440	3,033.65	1.84	4.19	10.64	5.00
	m₂	Mr₂ (MPA)	SN₂	D₂ (pulg)	D*₂ (cm)	D₂ (cm)
1	0.127	423.89	2.59	5.91	15.01	15.00
	m₃	Mr₃ (MPA)	SN₃	D₃ (pulg)	D*₃ (cm)	D₃ (cm)
1	0.113	186.73	3.29	6.18	15.68	15.00

FUENTE: Elaboración propia.

- Los espesores calculados para las capas de diseño (capa asfáltica, base granular, sub-base granular) cumplen con los espesores mínimos de diseño. Por lo que se determinó, que los valores calculados para las variables de entrada de diseño, presentan valores correctos en relación a sus requerimientos técnicos.
- Se determinó del diseño de la capa asfáltica un módulo de resiliencia de 3,033.65 MPA (Megapascals).
- Los valores de 0.44, 0.127 y 0.113 para los coeficientes estructurales a₁, a₂ y a₃, respectivamente, determino que los materiales presentes en cada una de las capas, tendrán un comportamiento estructural adecuado frente al número de ejes equivalentes que van a soportar.
- De los valores de la Tabla N° 63, se observó una lectura de lluvia acumulada mensualmente menor a 4 milímetros, el cual representa un efecto no significativo en el diseño de las estructuras. Por lo que, para este estudio la “Guía de Diseño de AASHTO 1993” recomienda el valor de “1” como coeficiente de drenaje (m₁, m₂) para las capas granulares (base, sub-base).
- Para un mismo número estructural (SN₃) de la subrasante, se calcularon diversas alternativas de diseño para los espesores de capas, que componen los pavimentos.

Tabla N° 66: Valores para el diseño de los espesores (D₁, D₂, D₃) de las capas (capa asfáltica, base granular, sub-base granular) que componen los pavimentos flexibles.

N°	D ₁		D ₂		D ₃	
	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm
1	2.00	50.8	5.91	150	14.96	380
2	2.00	50.8	6.30	160	14.17	360
3	2.00	50.8	6.69	170	13.78	350
4	2.00	50.8	7.09	180	13.39	340
5	2.00	50.8	7.48	190	12.99	330
6	2.00	50.8	7.87	200	12.60	320
7	2.00	50.8	8.27	210	12.20	310
8	2.00	50.8	8.66	220	11.81	300
9	2.00	50.8	9.06	230	11.42	290
10	2.00	50.8	9.45	240	11.02	280
11	2.00	50.8	9.84	250	10.24	260
12	3.00	76.2	5.91	150	11.02	280
13	3.00	76.2	6.30	160	10.63	270
14	3.00	76.2	6.69	170	9.84	250
15	3.00	76.2	7.09	180	9.45	240
16	3.00	76.2	7.48	190	9.06	230
17	3.00	76.2	7.87	200	8.66	220
18	3.00	76.2	8.27	210	8.27	210
19	4.00	101.6	5.91	150	7.09	180
20	4.00	101.6	6.30	160	6.69	170

FUENTE: Elaboración propia.

- En la tabla N° 66, se tienen 20 alternativas determinadas que cumplen con los requerimientos de espesores mínimos, para el diseño de pavimentos flexibles en las vías de la zona de estudio.
- Para el estudio, se eligió la alternativa de menor costo, por lo que se recomendó reducir el espesor de la capa asfáltica y aumentar el espesor de las capas granulares.
- De la selección de la alternativa de menor costo, se determinó un espesor de diseño para la base menor a la sub-base, debido a que los requerimientos de los materiales utilizados para la base exigen mejor calidad con respecto a la sub-base.

4.4. DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

4.4.1. Método de AASHTO 93 de diseño

De los resultados y datos provenientes de los estudios de tráfico, estudios de mecánica de suelos y estudios pluviométricos, se calcularon las variables de entrada aplicadas en la ecuación de AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) para el diseño de pavimentos rígidos.

a. Período de Análisis

Para el diseño de pavimentos rígidos sobre las vías de la zona de estudio, se determinó un período de análisis de 20 años.

b. Variables de entrada

Tabla N° 67: Valores de las variables de entrada para el cálculo del espesor de losa.

Descripción	Variable	Valor
ESAL	W_{82}	2,44 millones
Confiabilidad	R (%)	90.00
Desviación Estándar	Z_R	-1.282
Desviación Estándar Combinada	S_0	0.35
Serviciabilidad Inicial	P_i	4.50
Serviciabilidad Final	P_f	3.00
Variación de Serviciosabilidad	ΔPSI	1.50
Coefficiente de Drenaje	C_d	1.00
Transferencia de Carga	J	3.20
Resistencia a la Comprensión del Concreto	$f'c$ (kg/cm ²)	280.00
Módulo de Rotura del Concreto	M_r (MPA)	4.24
Módulo de Elasticidad del Concreto	E_c (MPA)	24,800.87
Módulo de Reacción Efectiva de la Subrasante	k (MPA/m)	1.38
Espesor de Losa	D (cm)	25.00

FUENTE: Elaboración propia.

- Se determinó un valor de 2.44 millones del número de ejes equivalentes para la variable (W_{82}); este valor representa el total de carga aplicada para el diseño de las estructuras (pavimentos rígidos), sobre las vías de la zona de estudio.
- Los resultados obtenidos para la confiabilidad y desviación estándar en el diseño de pavimentos flexibles, son utilizados también para el diseño de pavimentos rígidos.

- Se determinó una desviación estándar combinada de 0.35, como valor recomendado por la “Guía de Diseño de AASHTO 1993”.
- Para el diseño de este tipo de pavimentos, se utilizó los niveles de serviciabilidad (inicial, final y variación de serviciabilidad) propuestos por el método de AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*).
- Con el mismo enfoque del diseño de pavimentos flexibles, se determinó un coeficiente de drenaje igual a 1 recomendado por AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*); debido a que el pavimento no tardará más de un día en evacuar el agua proveniente de la lluvia acumulada.
- Para el presente estudio, se determinó un valor de 3.2 del coeficiente de transferencia de carga propuesto por AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), debido a que no se considera el diseño de bermas.
- El cálculo del coeficiente de transferencia de carga, determino la capacidad del concreto en la losa de diseño, de transferir una carga a través de las juntas de construcción. Por lo que este parámetro es propio de los pavimentos rígidos.

Tabla N° 68: Propiedades del concreto de diseño.

Descripción	Variable	Valor
Resistencia a la Compresión del Concreto	f'c (kg/cm ²)	280.00
Módulo de Elasticidad del Concreto	Ec (MPA)	24,800.87
Módulo de Rotura del Concreto	Mr (MPA)	4.24

FUENTE: Elaboración propia.

- Para el diseño del espesor de losa, se consideró importante determinar las propiedades del concreto. La resistencia de compresión a los 28 días del fraguado del concreto instalado, alcanza como mínimo un valor de 280 kg/cm². De este valor se determinó el módulo de elasticidad y el módulo de rotura del concreto.

Tabla N° 69: Valores del diseño de la sub-base (capa granular).

Descripción	Variable	Valor
Espesor de la Sub-Base	D (cm)	15
CBR de la Sub-Base	CBR (%)	30
Módulo de Elasticidad de la Sub-Base	E _{sb} (MPA)	155.33

FUENTE: Elaboración propia.

- Para este estudio, el método de AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) propone el diseño de la sub-base entre la losa de concreto y la subrasante para un número de ejes equivalentes mayor a un millón. Por lo que, se calculó un espesor de 15 centímetros igual al requerimiento mínimo para el diseño de la capa granular propuesta.
- Del diseño de la sub-base, se determinó que el material granular registre un CBR (*California Bearing Ratio*) mínimo de 30 por ciento (%) y un módulo de elasticidad de 155.33 MPA (Megapascuales).

Tabla N° 70: Parámetros de diseño de la subrasante.

Descripción	Variable	Valor
CBR de la Subrasante	CBR (%)	17.30
Módulo de Resiliencia de la Subrasante	M_r (MPA)	107.99
Módulo de Reacción Combinado de la Subrasante	k_d (MPA)	4.83
Factor de pérdida de soporte	L_s	1.00
Módulo de Reacción Efectivo de la Subrasante	K_{ef} (MPA)	1.38

FUENTE: Elaboración propia.

- El cálculo de la reacción combinada de la subrasante, determinó una afectación por parte de la sub-base granular y la losa sobre el módulo de resiliencia de la subrasante. Para este análisis, se tuvo en cuenta los resultados de los estudios de la mecánica de suelos, en donde se determinó un suelo de fundación del tipo arena limosa, sin presencia de material rocoso a profundidades mayores a tres metros.
- Se consideró, que el diseño de la losa y la sub-base granular sobre la subrasante origina una pérdida de soporte, debido a la existencia de asentamientos graduales en el suelo de fundación, por lo que fue importante el cálculo del factor de pérdida de soporte, para finalmente determinar el módulo de reacción efectivo de la subrasante.
- Finalmente, de los resultados obtenidos, se logró determinar el espesor de losa final para la capa de rodadura (ver tabla N° 67).

4.5. ANÁLISIS DE COSTOS EN PAVIMENTOS

Para el estudio, se determinó la alternativa de menor costo para el diseño de los dos tipos de pavimentos, durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento.

4.5.1. Durante el Proceso Constructivo

a. Pavimentos Flexibles

- Para el desarrollo del estudio, se determinaron algunas de las principales partidas y sub-partidas del proceso constructivo (ver tabla N° 71).

Tabla N° 71: Partidas y metrados de obra (pavimentos flexibles).

N° Partida	Descripción	Unidad	Largo (m)	Ancho (m)	Metrado
01.01.	Perfilado y Compactado de Subrasante	m2	2,408.45	7.56	18,216.95
01.02.	Sub-Base Granular E=0.32 m c/equipo	m2	2,408.45	7.56	18,216.95
01.03.	Base Granular E=0.20 m c/equipo	m2	2,408.45	7.56	18,216.95
01.04.	Imprimación Asfáltica	m2	2,408.45	7.56	18,216.95
01.05.	Carpeta Asfáltica E=2"	m2	2,408.45	7.56	18,216.95

FUENTE: Elaboración propia.

- Con la información de la zona de estudio, se determinaron los metrados para cada una de las partidas seleccionadas.
- Se desarrolló el análisis de precios unitarios para cada una de las partidas y sub-partidas de obra seleccionadas del proceso constructivo (Ver Anexo N° 04).
- Con la información obtenida del análisis de precios unitarios anterior, se elaboró el presupuesto de obra.
- El presupuesto de obra obtenido, representa el costo parcial de obra sin considerar los costos indirectos.

Tabla N° 72: Presupuesto de obra (pavimentos flexibles I).

N°	Descripción	Unidad	Metrados	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
01.01.	Perfilado y Compactado de Subrasante	m2	18,216.95	3.52	64,123.66
01.02.	Sub-Base Granular E=0.32 m c/equipo	m2	18,216.95	30.65	558,349.47
01.03.	Base Granular E=0.20 m c/equipo	m2	18,216.95	22.95	418,078.97
01.04.	Imprimación Asfáltica	m2	18,216.95	3.35	61,026.78
01.05.	Carpeta Asfáltica e = 2"	m2	18,216.95	31.77	578,752.45
COSTO DIRECTO					1,680,331.33

FUENTE: Elaboración propia.

- Para determinar la alternativa de diseño de menor costo, se siguió el mismo procedimiento para calcular el costo directo en cada una de las alternativas mostradas en la tabla N° 66.

Tabla N° 73: Análisis de Costos para la determinación de los espesores finales de diseño de las capas estructurales.

N°	D1 (pulg)	D2 (mm)	D3 (mm)	Costo Directo (S/.)
1	2	150	380	1,686,707.27
2	2	160	370	1,688,528.96
3	2	170	360	1,689,986.32
4	2	180	350	1,691,443.67
5	2	190	340	1,693,265.37
6	2	200	320	1,680,331.33
7	2	210	310	1,681,970.86
8	2	220	300	1,683,610.38
9	2	230	290	1,685,249.91
10	2	240	280	1,686,707.27
11	2	250	270	1,688,528.96
12	3	150	280	1,819,144.48
13	3	160	270	1,820,966.18
14	3	170	260	1,822,423.53
15	3	180	250	1,823,880.89
16	3	190	240	1,825,702.58
17	3	200	230	1,827,159.94
18	3	210	210	1,814,408.07
19	4	150	180	1,951,763.87
20	4	160	170	1,953,585.56

FUENTE: Elaboración propia.

- En la tabla N° 73, se observa los costos directos calculados para cada alternativa de diseño.
- De este análisis, se determinaron los espesores (2 pulgadas, 200 milímetros, 320 milímetros) finales para el diseño de las capas estructurales (capa asfáltica, base granular, sub-base granular).

COSTO DIRECTO		S/.	1,680,331.33
GASTOS GENERALES	9.17%	S/.	154,026.77
SUB TOTAL		S/.	1,834,358.10
IGV	18%	S/.	330,184.46
COSTO TOTAL		S/.	2,164,542.55

- El cálculo de los gastos generales (fijos y variables) fue de S/. 154,026.77, este valor representa un 9.17 por ciento (%) del costo directo. El período de ejecución estimado fue de 3 meses, con el cual se determinó el monto de los gastos generales variables.
- El 18 por ciento (%) del I.G.V. (impuestos general a las ventas) aplicado sobre el monto obtenido por la suma del costo directo y los gastos generales, determinó un monto de S/. 330,184.46.
- El valor del costo total, determinó el costo de construcción de pavimentos flexibles (mezclas asfálticas en caliente) en la vías de la zona de estudio, con un espesor de carpeta asfáltica igual a dos pulgadas.

b. Pavimentos Rígidos

- Para el desarrollo de la investigación, se determinaron algunas de las principales partidas y sub-partidas del proceso constructivo (ver tabla N° 74).

Tabla N° 74: Partidas y metrados de obra (pavimentos rígidos).

N° Partida	Descripción	Unidad	Largo (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	Metrado
02.01.	Perfilado y Compactado de Subrasante	m2	2,408.45	7.56	-	18,216.95
02.02.	Sub-Base Granular E=0.15 m c/equipo	m2	2,408.45	7.56	-	18,216.95
02.03.	Encofrado y Desencofrado de Losas	m2	10,838.65	0.25	-	2,709.66
02.04.	Losa de Concreto Premezclado f'c = 280 kg/cm ²	m3	2,408.45	7.56	0.25	4,627.10
02.05.	Acero Longitudinal (Barras de Amarre)	kg	12,110.84	-	-	12,110.84
02.06.	Acero Transversal (Pasajunta)	kg	47,143.99	-	-	47,143.99
02.07.	Acabado y Texturizado de losa	m2	2,408.45	7.56	-	18,216.95
02.08.	Curado de Losa de Concreto	m2	2,408.45	7.56	-	18,216.95
02.09.	Junta de Construcción o Contracción Longitudinal	m	2,408.45	-	-	2,408.45
02.10.	Junta de Construcción o Contracción Transversal	m	4,000.90	-	-	4,000.90

FUENTE: Elaboración propia.

- Con la información de la zona de estudio, se determinaron los metrados para cada una de las partidas seleccionadas.
- Se desarrolló el análisis de precios unitarios para cada una de las partidas y sub-partidas de obra seleccionadas del proceso constructivo (Ver Anexo N° 05).

- Con la información obtenida del análisis de precios unitarios anterior, se elaboró el presupuesto de obra.

Tabla N° 75: Presupuesto de obra (pavimentos rígidos I).

N°	Descripción	Unidad	Metrado	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
1	Perfilado y Compactado de Subrasante	m2	18,216.95	3.52	64,123.66
2	Sub-Base Granular E=0.15 m c/equipo	m2	18,216.95	12.55	228,622.70
3	Encofrado y Desencofrado de Losas	m2	2,709.66	49.97	135,401.77
4	Losa de Concreto Premezclado f'c=280kg/cm ²	m3	4,627.10	341.84	1,581,729.54
5	Acero Longitudinal (Barra de Amarre)	kg	12,110.84	4.33	52,439.95
6	Acero Transversal (Pasajunta)	kg	47,143.99	3.95	186,218.75
7	Acabado y Texturizado de Losa	m2	18,216.95	0.66	12,023.19
8	Curado de Losa de Concreto	m2	18,216.95	1.76	32,061.83
9	Junta de Construcción o Contracción Longitudinal	m	2,408.45	17.96	43,255.76
10	Junta de Construcción o Contracción Transversal	m	4,000.90	19.36	77,457.33
COSTO DIRECTO					2,413,334.47

FUENTE: Elaboración propia.

- En la tabla N° 75, se observa el costo directo calculado para el proceso constructivo de pavimentos rígidos en la zona de estudio.

COSTO DIRECTO		S/. 2,413,334.47
GASTOS GENERALES	13.47%	S/. 324,974.97
SUB TOTAL		S/. 2,738,309.45
IGV	18%	S/. 492,895.70
COSTO TOTAL		S/. 3,231,205.15

- El cálculo de los gastos generales (fijos y variables) fue de S/. 324,974.97, este valor representa un 13.47 por ciento (%) del costo directo. El período de ejecución estimado fue de siete meses, con el cual se determinó el monto de los gastos generales variables.
- Los rendimientos de mano de obra seleccionados, calcularon el período de ejecución para los pavimentos.

- El 18 por ciento (%) del I.G.V. (Impuesto general a las ventas) aplicado sobre el monto obtenido por la suma del costo directo y los gastos generales, determinó un monto de S/. 492,895.70.
- El valor del costo total, determinó el costo de construcción de pavimentos rígidos (losas de concreto con diseño de juntas) en las vías de la zona de estudio, con un espesor de losa igual a 25 centímetros.
- Se determinó que el costo de la construcción de pavimentos rígidos es de S/. 3,231,205.15; costo mayor a los pavimentos flexibles de S/. 2,164,542.55, por una diferencia de S/. 1,066,662.60. Sin embargo, el empleo de la alternativa más rentable en el tiempo, debe ser analizado durante el período de vida de los pavimentos.
- Para este estudio, el análisis de costos se extendió hasta la etapa de operación y mantenimiento de pavimentos.

4.5.2. En la Etapa de Operación y Mantenimiento

- Se realizó una inspección visual, sobre las condiciones a nivel superficial en los pavimentos asfálticos existentes en el campus de la UNALM; los cuales dieron como resultados, los expuestos en el Anexo N° 10.
- Se observó sobre los pavimentos existentes en el campus de la UNALM, la presencia de fisuras, agrietamientos, baches, pérdida de áridos, entre otros; en donde las causas más probables fueron por: rigidización de la mezcla asfáltica (por oxidación del asfalto o envejecimiento), compactación deficiente de las capas granulares o asfálticas, solvente volatilizado por acción de altas temperaturas, originando deterioros a nivel superficial.
- Para el desarrollo del estudio, se propone un programa de conservación de pavimentos para las vías de la zona de estudio. La selección de la mejor propuesta para el programa de conservación, está en relación a las características de la zona de estudio y al tipo de datos históricos que se haya registrado; sin embargo, para este estudio no se cuenta con un modelo de predicción del deterioro de las estructuras a lo largo del tiempo, por lo cual se plantea la ejecución de las actividades de conservación de pavimentos en función al tipo de fallas más comunes presentes en pavimentos y, a los indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía.
- Con la información indicada en las tablas N° 26 y N° 27, se determinó el área máxima permitida de afectación por las posibles fallas existentes para un tipo de vía con un Índice Medio Diario Anual (IMDA) comprendido entre 400 a 2000 vehículos por día.

- Para la conservación del diseño de pavimentos (flexibles y rígidos) en las vías de la zona de estudio, se determinaron los niveles de servicio expresados en la cantidad de área máxima permitida para ejecutar las tareas de mantenimiento, en función al tipo de falla existente.
- Se determinó también que los indicadores y niveles de servicio, son iguales para todos los tramos de las vías y para cada tipo de pavimento de diseño en la zona estudio, debido a que pertenecen a una sola red de vías que ofrecen servicios comunes al usuario, al interior del campus de la UNALM.

a. En Pavimentos Flexibles

- Del análisis, se determinó las tareas (partidas y sub-partidas de obra) de mantenimiento que cumplen con los indicadores y niveles de servicio para la conservación de pavimentos flexibles en el campus de la UNALM.
- Los niveles de servicio determinaron el área máxima (metrados de obra) con afectación por el tipo de falla existente en este tipo de pavimentos, estos valores son mostrados en la tabla N° 76.

Tabla N° 76: Indicadores y Niveles de servicio para pavimentos flexibles.

Parámetro	Medidas Correctivas	Indicadores o Niveles de Servicio	Área Total en la zona de estudio (At) At = Long. x Ancho	Área de Influencia del deterioro (Ai) Ai = At x (%)
Fisuras Longitudinales	Sellado de Fisuras y Grietas, Sellos Asfálticos y Recapados Asfálticos.	5%	18,900 m ²	945 m ²
Peladuras y Desprendimientos	Parchado Superficial y Parchado Profundo.	5%	18,900 m ²	945 m ²
Fisuras Transversales	Sellado de Fisuras y Grietas, Sellos Asfálticos y Recapados Asfálticos.	5%	18,900 m ²	945 m ²
Rugosidad	Recapados Asfálticos.	2.5 m/km	18,900 m ²	945 m ²

FUENTE: Elaboración propia.

- Se determinó que no se admitirá la presencia de fisuras (longitudinales y transversales) con anchos menores a 3 centímetros (nivel de severidad baja) sobre la superficie asfáltica, por lo que se propone como medida correctiva rutinaria (por lo menos una vez al año), del sellado de fisuras y grietas.

- La presencia de peladuras y desprendimientos del material asfáltico en la superficie de vías, propone como medida de corrección rutinaria (por lo menos una vez al año) el parchado superficial o profundo, según el nivel de severidad de falla. Para este estudio se consideró un nivel de severidad máximo, por lo cual se desarrolló el análisis en las tareas de parchados profundos.
- Se recomendó realizar trabajos de mantenimiento periódico (con un frecuencia de por los menos cada 3 años) como sellos asfálticos, para la aparición de fisuras con un ancho mayor a 30 centímetros (nivel de severidad alta), los cuales podrían originar agrietamientos superficiales en las vías.
- La superficie asfáltica deberá mantener un IRI (Índice de rugosidad internacional) menor a 2.5 m/km, por lo que se sugirió realizar tareas de mantenimiento periódicos (con un frecuencia de por los menos cada 3 años) como recapados asfálticos.
- Se desarrolló el análisis de precios unitarios para cada una de las partidas y sub-partidas de obra, planteadas para la etapa de operación y mantenimiento (Ver Anexo N° 06).
- Del análisis de precios unitarios anterior, se elaboró el presupuesto de obra.

Tabla N° 77: Presupuesto de obra (pavimentos flexibles II).

N°	Descripción de Actividades	Unidad	Metrado	N° de veces al año	Total de veces en 20 años	P.U. S/.	Parcial S/.
01.	Conservación Rutinaria						
01.01.	Sellado de Fisuras y Grietas	m2	945	1	20	15.16	286,524.00
01.02.	Parchado Profundo	m2	945	1	20	71.77	1,356,453.00
02.	Conservación Periódica						
02.01.	Sellos Asfálticos	m2	945	1	6	15.13	85,787.10
02.02.	Recapados Asfálticos	m2	945	1	6	48.50	274,995.00
COSTO DIRECTO							2,003,759.10

FUENTE: Elaboración propia.

- Para un período de análisis de 20 años, se determinó el total de veces que se requirió la ejecución de las actividades de mantenimiento.
- En la tabla N° 77, se observa el costo directo calculado para la etapa de operación y mantenimiento de pavimentos flexibles en la zona de estudio.

- Los rendimientos de mano de obra seleccionados, determinaron el período de ejecución aproximado para el desarrollo de cada actividad de conservación, en relación a la cantidad de mano de obra.

COSTO DIRECTO		S/. 2,003,759.10
GASTOS GENERALES	9.17%	S/. <u>183,673.62</u>
SUBTOTAL		2,187,432.72
I.G.V.	18%	S/. <u>393,737.89</u>
TOTAL		S/. 2,581,170.62

- Haciendo uso, del porcentaje de gastos generales (fijos y variables) determinado en el costo del proceso constructivo; se determinó un monto de S/. 183,673.62, que representa un 9.17 por ciento (%) del costo directo para la etapa de operación y mantenimiento de pavimentos rígidos.
- El 18 por ciento (%) del I.G.V. (Impuesto general a las ventas) aplicado sobre el monto obtenido por la suma del costo directo y los gastos generales, determinó un monto de S/. 393,737.89.
- El valor del costo total, determinó el costo aproximado para los trabajos de conservación incluidos en la etapa de operación y mantenimiento de pavimentos flexibles (carpeta de mezclas asfálticas en calientes) sobre las vías de la zona de estudio.

b. En Pavimentos Rígidos

- Para el caso de los pavimentos rígidos, se determinó las tareas (partidas y sub-partidas de obra) de mantenimiento que cumplen con los indicadores y niveles de servicio para la conservación de pavimentos sobre las vías al interior del campus de la UNALM.
- Los niveles de servicio determinaron el área máxima (metrados de obra) con afectación por el tipo de falla existente en este tipo de pavimentos, estos valores son mostrados en la tabla N° 78.

Tabla N° 78: Indicadores y Niveles de servicio para pavimentos rígidos.

Parámetro	Medidas Correctivas	Niveles de Servicio e Indicadores	Área Total en la zona de estudio (At) At = Long. x Ancho	Área de Influencia del deterioro (Ai) Ai = At x (%)
Fisuras Longitudinales	Sellado de Fisuras y Grietas, Resellado de Juntas, Reparación de Losas en Espesor Parcial.	5%	18,900 m ²	945 m ²
Fisuras Transversales	Sellado de Fisuras y Grietas, Resellado de Juntas.	5%	18,900 m ²	945 m ²
Fisuras Oblicuas	Sellado de Fisuras y Grietas, Resellado de Juntas.	5%	18,900 m ²	945 m ²
Despostillamiento de Juntas	Sellado de Fisuras y Grietas, Resellado de Juntas.	5%	18,900 m ²	945 m ²
Rugosidad	Microfresado de Losas.	2.5 m/km	18,900 m ²	945 m ²

FUENTE: Elaboración propia.

- Con el fin de cumplir con estos niveles de servicio, se determinó ejecutar solo actividades de mantenimiento periódico, debido a que la presencia de fallas sobre las estructuras de concreto no se registran a un corto plazo.
- Se determinó, que la presencia de fisuras (longitudinales, transversales, oblicuas) con anchos máximos de 3 centímetros (nivel de severidad media) y despostillamientos de juntas (nivel de severidad media), no deberán exceder los límites máximos admisibles de área afectada; debido a ello se propone tareas de conservación periódicos (con una frecuencia de por lo menos cada 5 años) como resellado de juntas.
- La presencia de fisuras longitudinales con un ancho máximo de 30 centímetros (nivel de severidad alta), origina la pérdida de material y el deterioro en las superficies de las losas de concreto; por lo que se propone tareas correctivas periódicas (con un frecuencia de por lo menos cada 5 años) de reparación de losas en espesor parcial.
- La superficie de la losa de concreto deberá mantener un IRI (Índice de rugosidad internacional) menor a 2.5 m/km, por lo que se sugirió realizar tareas de mantenimiento periódicos (con un frecuencia de por los menos cada 5 años) como microfresado de losas.
- Se desarrolló el análisis de precios unitarios para cada una de las partidas y sub-partidas de obra, planteadas para la etapa de operación y mantenimiento (Ver Anexo N° 07).

- Del análisis de precios unitarios anterior, se elaboró el presupuesto de obra.

Tabla N° 79: Presupuesto de obra (pavimentos rígidos II).

N°	Descripción de Actividades	Unidad	Metrado	N° de veces al año	Total de veces en 20 años	P.U. S/.	Parcial S/.
02.	Conservación Periódica						
02.01.	Reparación de Losas en Espesor Parcial	m2	945	1	4	106.65	403,137.00
02.02.	Resellado de Juntas	m	405	1	4	15.36	24,883.20
02.03.	Microfresado de Losas	m2	945	1	4	7.04	26,611.20
COSTO DIRECTO							454,631.40

FUENTE: Elaboración propia.

- Para un período de análisis de 20 años, se determinó el total de veces que se requirió la ejecución de las actividades de mantenimiento.
- En la tabla N° 79, se observa el costo directo calculado para la etapa de operación y mantenimiento de pavimentos rígidos en la zona de estudio.
- Los rendimientos de mano de obra seleccionados, determinaron el período de ejecución aproximado para el desarrollo de cada actividad de conservación, en relación a la cantidad de mano de obra.

COSTO DIRECTO		S/. 454,631.40
GASTOS GENERALES	13.47%	S/. <u>61,219.79</u>
SUBTOTAL		S/. 515,851.19
I.G.V.	18%	S/. <u>92,853.21</u>
TOTAL		S/. 608,704.40

- Haciendo uso, del porcentaje de gastos generales (fijos y variables) determinado en el costo del proceso constructivo; se determinó un monto de S/. 61,219.79, que representa un 13.47 por ciento (%) del costo directo para la etapa de operación y mantenimiento de pavimentos rígidos.

- El 18 por ciento (%) del I.G.V. (Impuesto general a las ventas) aplicado sobre el monto obtenido por la suma del costo directo y los gastos generales, determinó un monto de S/. 92,853.21.
- El valor del costo total, determinó el costo aproximado para los trabajos de conservación incluidos en la etapa de operación y mantenimiento de pavimentos rígidos (losas de concreto reforzado con diseño de juntas) sobre las vías de la zona de estudio.
- Se determinó que el costo de las tareas de conservación (operación y mantenimiento) en pavimentos rígidos es de S/. 608,704.40; costo menor a los pavimentos flexibles de S/. 2,581,170.62, por una diferencia de S/. 1,972,466.22.

4.6. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

4.6.1. Valoración de Impactos

a. Desarrollo de la Valoración Ecológica Cuantitativa

Del plano de ubicación del Campus de la UNALM, se identificaron 4 sub-zonas de estudio con presencia de pavimentos asfálticos (a base de asfalto) pertenecientes a las avenidas al interior del campus, y 2 sub-zonas de estudio con presencia de pavimentos rígidos (a base de concreto) pertenecientes a la avenida La Molina S/N La Molina, ubicadas al exterior aledaña al campus.

Es importante indicar, que se decidió realizar el muestro en campo, en los meses con mayor registro de temperatura ambiental (temperaturas críticas), para lo cual se analizó la data de la estación Meteorológica Von Humboldt instalada en el interior de UNALM. Estos meses fueron diciembre del 2018 y, enero y febrero del 2019.

En cada una de las sub-zonas de estudio, se registraron temperaturas superficiales en tres tiempos a lo largo de día (mañana, mediodía y tarde) con el apoyo de un termómetro, por un período de 8 minutos. Las mediciones se hicieron en vías de asfalto al interior del campus y en vías de concreto al exterior aledaño al campus.



Figura N° 26: Ubicación de las sub-zonas de estudio (A, B, 1, 2, 3, 4).

FUENTE: Elaboración propia.

De las mediciones, se crearon cuadros y gráficos que van relacionar las dos variables principales para el estudio (temperatura vs. hora de medición). El análisis se desarrolló para comparar entre dos sub-zonas con diferentes tipos de superficies (pavimentos asfálticos y pavimentos de concreto).

- **Zona de Estudio A-1**

Esta zona corresponde a 2 sub-zonas (sub-zona “A” y sub-zona “1”), en las cuales se registraron la toma de temperaturas en superficies, en 3 horarios del día. La sub-zona “A” con presencia de superficies de pavimentos a base de concreto. La sub-zona “1” con presencia de superficies de pavimentos a base de asfalto.

Las mediciones para esta zona, se hicieron durante los meses de diciembre, enero y febrero, con una temperatura promedio de 22.35 °C, 25.84 °C y 27.43 °C, respectivamente.

- **Diciembre 2018**

Para este mes se registraron las siguientes temperaturas:

Tabla N° 80: Datos de temperatura en la zona de estudio A-1 en el mes de diciembre.

Tiempo		Temperatura Superficial (°C)	
		Pavimentos de Concreto	Pavimentos de Asfalto
Mañana	9:30 am	30	32
Mediodía	12:30 pm	31.5	35.5
Tarde	16:30 pm	27.5	29.5

FUENTE: Elaboración propia.

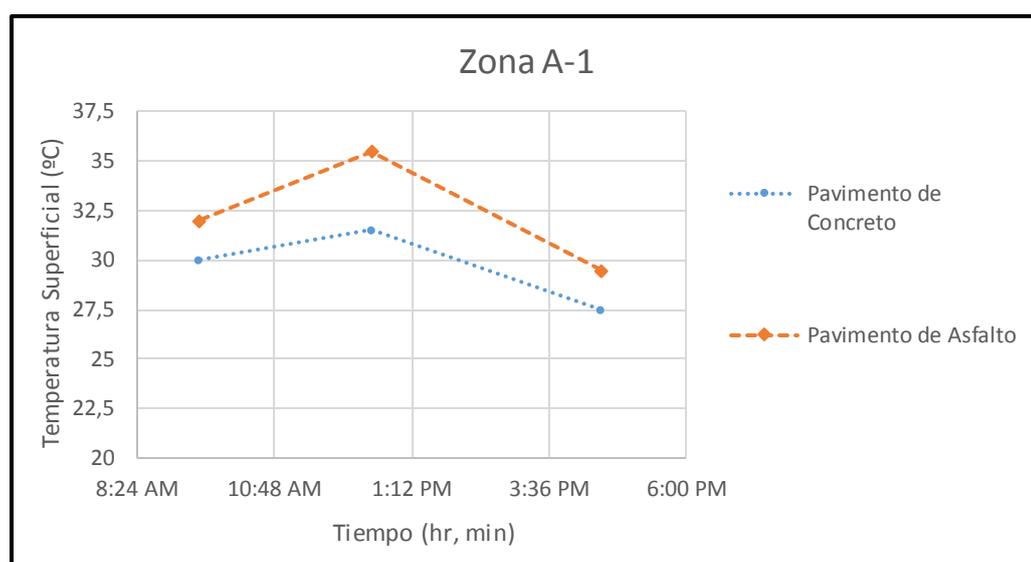


Gráfico N° 03: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-1 en el mes de diciembre.

FUENTE: Elaboración propia.

En el Gráfico N° 03, se observa que la curva de asfalto está por encima de la curva de concreto en los 3 horarios del día, y lo que indica una mayor temperatura en los pavimentos de asfalto. Además, la figura muestra un diferencial de temperatura de 2 hasta 4 grados Celsius, donde el punto más crítico se presenta alrededor del mediodía.

- Enero 2019

Para este mes se registraron las siguientes temperaturas:

Tabla N° 81: Datos de temperatura en la zona de estudio A-1 en el mes de enero.

Tiempo		Temperatura Superficial (°C)	
		Pavimento de Concreto	Pavimento de Asfalto
Mañana	9:30 am	28	29
Mediodía	12:30 pm	33	36
Tarde	16:30 pm	32	35

FUENTE: Elaboración propia.

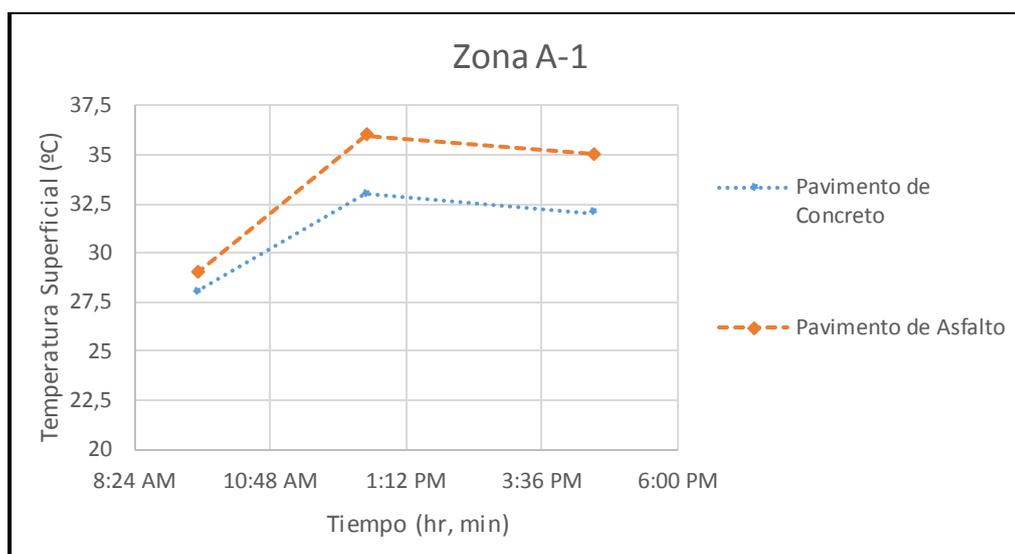


Gráfico N° 04: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-1 en el mes de enero.

FUENTE: Elaboración propia.

En el Gráfico N° 04, también se observa que la curva de asfalto está por encima de la curva de concreto, lo que claramente indica una mayor temperatura superficial en los pavimentos de asfalto.

En este caso el diferencial de temperatura alcanza a medir 3 grados Celsius como punto más crítico, manteniéndose esta variación desde el mediodía hasta la tarde, debido a la posible incidencia solar sobre las superficies durante el tramo de tiempo indicado, y sin la presencia de sombras en las sub-zonas.

- Febrero 2019

Para este mes se registraron las siguientes temperaturas:

Tabla N° 82: Datos de temperatura en la zona de estudio A-1 en el mes de febrero.

Tiempo		Temperatura Superficial (°C)	
		Pavimento de Concreto	Pavimento de Asfalto
Mañana	9:30 am	38	40
Mediodía	12:30 pm	44	47
Tarde	16:30 pm	35	37.5

FUENTE: Elaboración propia.

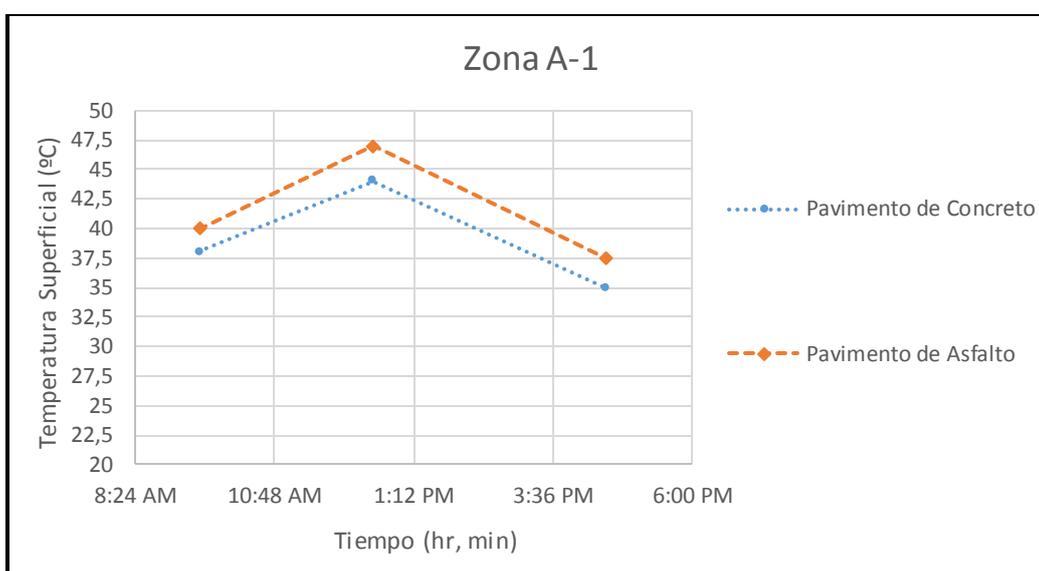


Gráfico N° 05: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-1 en el mes de febrero.

FUENTE: Elaboración propia.

En el Gráfico N° 05, se observa un diferencial de temperatura crítico entre los pavimentos a base de asfalto y de concreto, igual a 3 grados Celsius.

Es importante mencionar, que en los tres meses de análisis se obtuvo un registro de temperaturas mayores en pavimentos de asfalto, arrojando temperaturas máximas alrededor del mediodía, por lo que se puede indicar que la incidencia solar sobre este tipo de superficies es mayor con respecto a los pavimentos de concreto.

- **Zona de Estudio B-2**

Esta zona corresponde a 2 sub-zonas (sub-zona “B” y sub-zona “2”), en las cuales se registraron la toma de temperaturas en superficies, en 3 horarios del día. La sub-zona “B” con presencia de superficies de pavimentos a base de concreto. La sub-zona “2” con presencia de superficies de pavimentos a base de asfalto.

Las mediciones para esta zona, se hicieron durante los meses de diciembre, enero y febrero, con una temperatura promedio de 22.35 °C, 25.84 °C y 27.43 °C, respectivamente.

- **Diciembre 2018**

Para este mes se registraron las siguientes temperaturas:

Tabla N° 83: Datos de temperatura en la zona de estudio B-2 en el mes de diciembre.

Tiempo		Temperatura Superficial (°C)	
		Pavimento de Concreto	Pavimento de Asfalto
Mañana	9:30 am	35	37.5
Mediodía	12:30 pm	36	47.5
Tarde	16:30 pm	33.5	34

FUENTE: Elaboración propia.

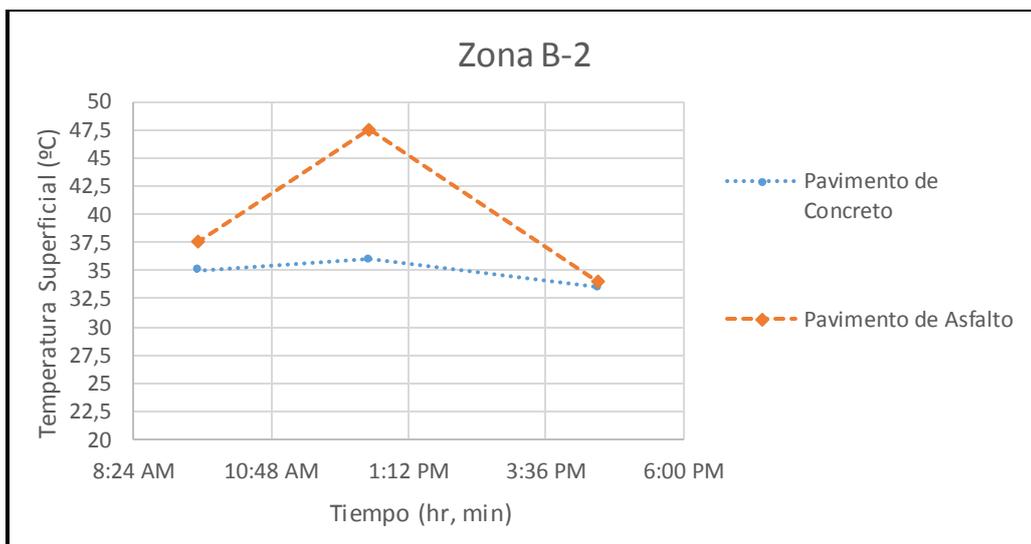


Gráfico N° 06: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio B-2 en el mes de diciembre (I).

FUENTE: Elaboración propia.

En el Gráfico N° 06, se observa al igual que en la zona “A-1”, que las curva de asfalto esta sobre la curva de concreto, quiere decir que arroja un registro de temperatura mayor con respecto al último.

También, se observa un diferencial de temperatura crítico de 11.5 grados Celsius alrededor del mediodía, donde el asfalto alcanza una temperatura de 47.5 grados Celsius y el concreto registra una temperatura de 36 grados Celsius, alrededor de mediodía.

Es importante indicar que el diferencial de temperatura en las horas de 12:30 pm de medición, tiene un valor muy diferenciado con respecto a los casos de la zona “A-1”; esto se puede deber a la presencia de sombras por árboles cercanos a la sub zona “B” en el transcurso de la medición, lo que originó un descenso en el registro de temperatura para los pavimentos de concreto.

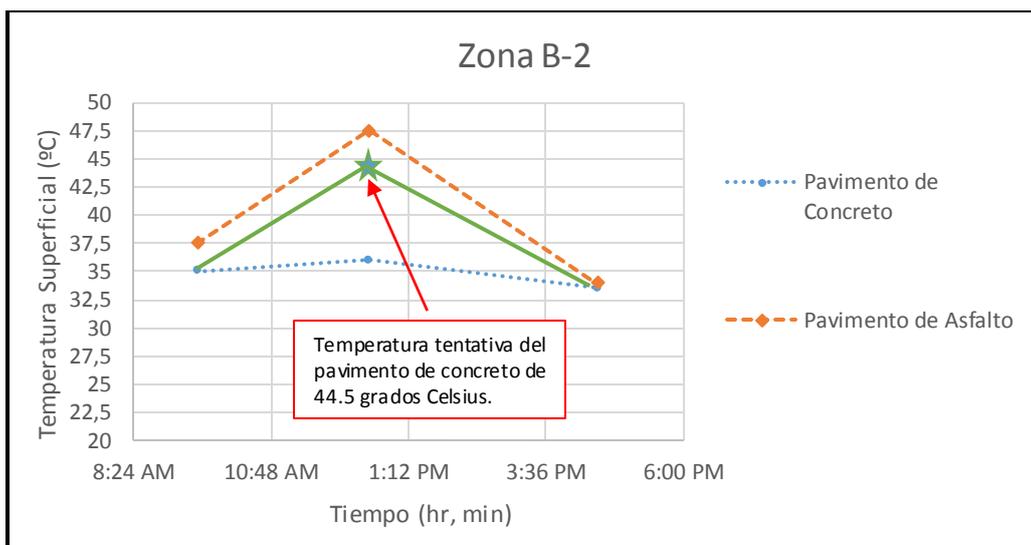


Gráfico N° 07: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio B-2 en el mes de diciembre (II).

FUENTE: Elaboración propia.

- **Enero 2019**

Para este mes se registraron las siguientes temperaturas:

Tabla N° 84: Datos de temperatura en la zona de estudio B-2 en el mes de enero.

Tiempo		Temperatura Superficial (°C)	
		Pavimento de Concreto	Pavimento de Asfalto
Mañana	9:30 am	35	39
Mediodía	12:30 pm	40	49
Tarde	16:30 pm	33.5	36

FUENTE: Elaboración propia.

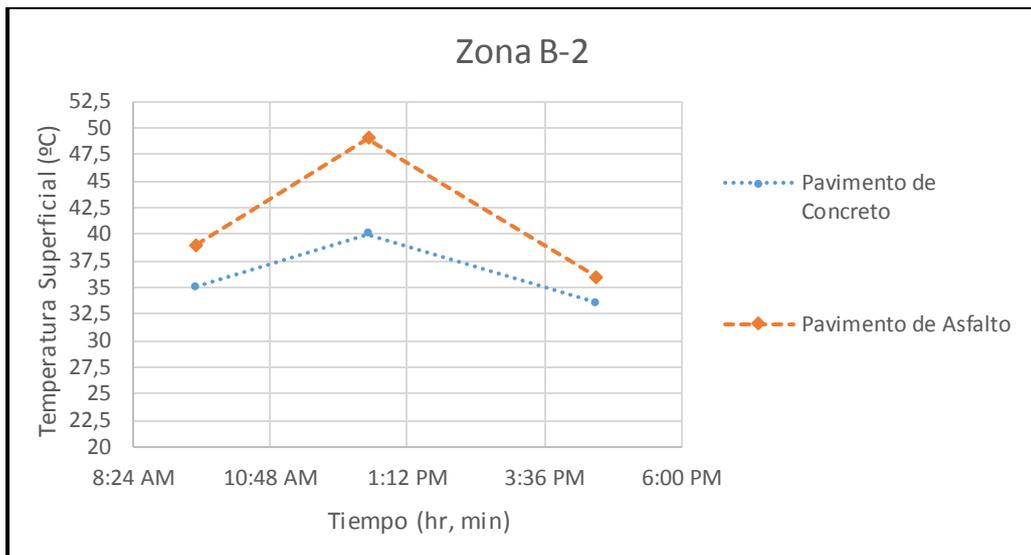


Gráfico N° 08: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio B-2 en el mes de enero (I).

FUENTE: Elaboración propia.

En el Gráfico N° 08, se observa un diferencial de temperatura crítico de 9 grados Celsius alrededor del mediodía, donde el asfalto alcanza una temperatura de 49 grados Celsius y el concreto registra una temperatura de 40 grados Celsius.

También, es importante indicar que el diferencial de temperatura crítico se debe a la presencia de sombras sobre el pavimento de concreto, lo que ocasiona una temperatura menor, y a la vez, señalar que a las horas de 12:30 pm existe una mayor incidencia solar sobre los pavimentos, por lo que arroja mediciones de temperatura máximas.

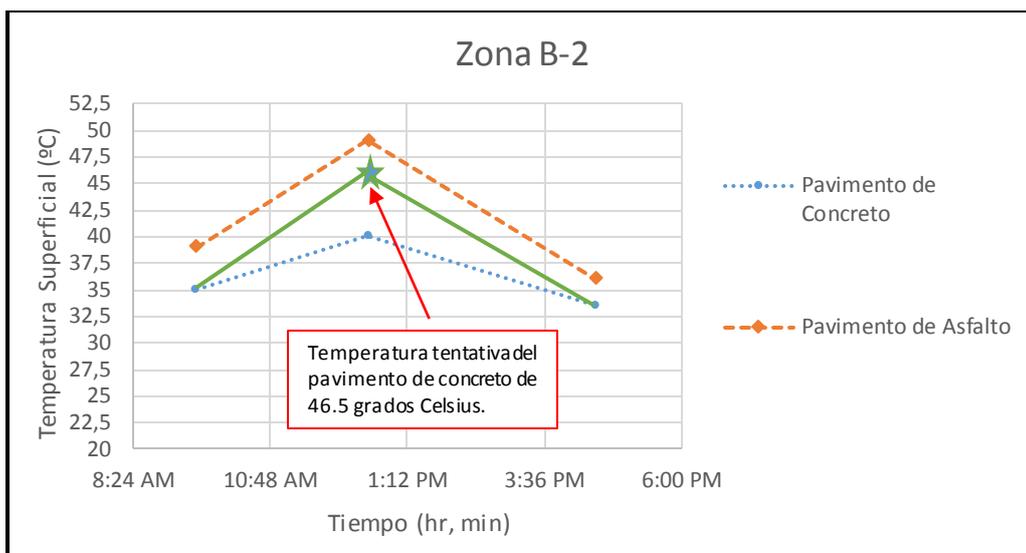


Gráfico N° 09: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio B-2 en el mes de enero (II).

FUENTE: Elaboración propia.

- Febrero 2019

Para este mes se registraron las siguientes temperaturas:

Tabla N° 85: Datos de temperatura en la zona de estudio B-2 en el mes de febrero.

Tiempo		Temperatura Superficial (°C)	
		Pavimento de Concreto	Pavimento de Asfalto
Mañana	9:30 am	33	35
Mediodía	12:30 pm	34	35
Tarde	16:30 pm	32.5	35

FUENTE: Elaboración propia.

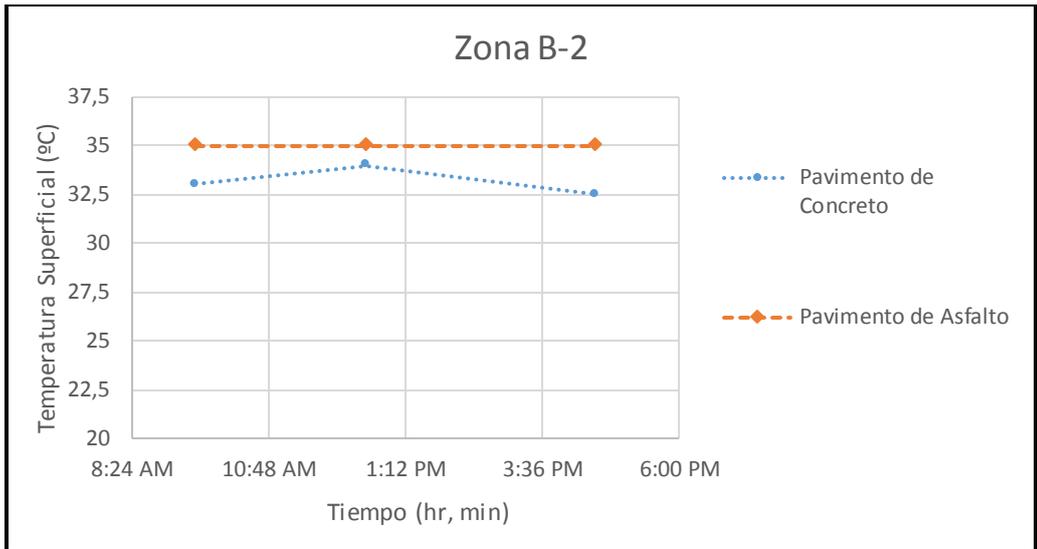


Gráfico N° 10: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio B-2 en el mes de febrero (I).

FUENTE: Elaboración propia.

En el Gráfico N° 10, se observa que la curva de asfalto está sobre la curva de concreto, con un diferencial de temperatura de 2,5 grados Celsius en el horario de 4:30 pm. Sin embargo, es importante mencionar que a las 12:30 pm se originaron sombras por el estacionamiento de vehículos cercanos al punto de muestreo, lo cual indica que la temperatura en el pavimento de asfalto a esa hora registró una menor de temperatura de 35 grados Celsius.

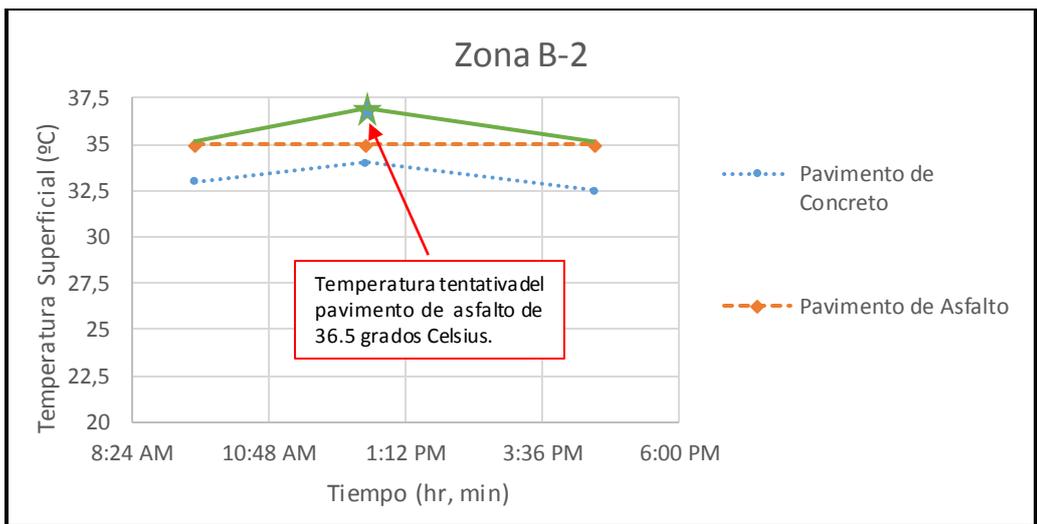


Gráfico N° 11: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio B-2 en el mes de febrero (II).

FUENTE: Elaboración propia.

Es importante mencionar, que para esta zona de análisis se obtuvo un registro de temperaturas superiores a los 32 grados hasta los 49 grados Celsius como temperatura máxima, este último en pavimentos de asfalto. Se obtuvo las mayores temperaturas alrededor del mediodía con excepción del mes de febrero, debido a la presencia de sombras sobre la zona de muestreo.

- **Zona de Estudio A-3**

Esta zona corresponde a 2 sub-zonas (sub-zona “A” y sub-zona “3”), en las cuales se registraron la toma de temperaturas en superficies, en 3 horarios del día. La sub-zona “A” con presencia de superficies de pavimentos a base de concreto. La sub-zona “3” con presencia de superficies de pavimentos a base de asfalto.

Las mediciones para esta zona, se hicieron durante los meses de diciembre, enero y febrero, con una temperatura promedio de 22.35 °C, 25.84 °C y 27.43 °C, respectivamente.

- **Diciembre 2018**

Para este mes se registraron las siguientes temperaturas:

Tabla N° 86: Datos de temperatura en la zona de estudio A-3 en el mes de diciembre.

Tiempo		Temperatura Superficial (°C)	
		Pavimento de Concreto	Pavimento de Asfalto
Mañana	9:30 am	31	34.5
Mediodía	12:30 pm	38.5	42
Tarde	16:30 pm	31	34

FUENTE: Elaboración propia.

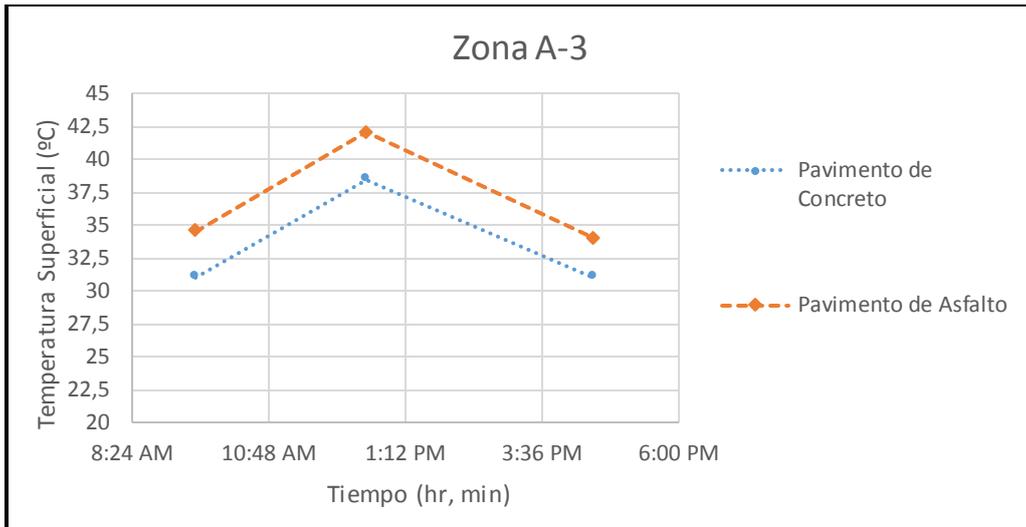


Gráfico N° 12: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-3 en el mes de diciembre.

FUENTE: Elaboración propia.

En el Gráfico N° 12, se observa un diferencial de temperatura crítico entre los pavimentos a base de asfalto y de concreto, igual a 3.5 grados Celsius.

La curva de asfalto está por encima de la curva de asfalto, lo cual indica también para esta zona de análisis una mayor incidencia solar sobre los pavimentos de asfalto en horas de la mañana hasta mediodía, sin presencia de sombras que puedan alterar el registro de mediciones.

- Enero 2019

Para este mes se registraron las siguientes temperaturas:

Tabla N° 87: Datos de temperatura en la zona de estudio A-3 en el mes de enero.

Tiempo		Temperatura Superficial (°C)	
		Pavimento de Concreto	Pavimento de Asfalto
Mañana	9:30 am	32	36
Mediodía	12:30 pm	35	50
Tarde	16:30 pm	29.5	33

FUENTE: Elaboración propia.

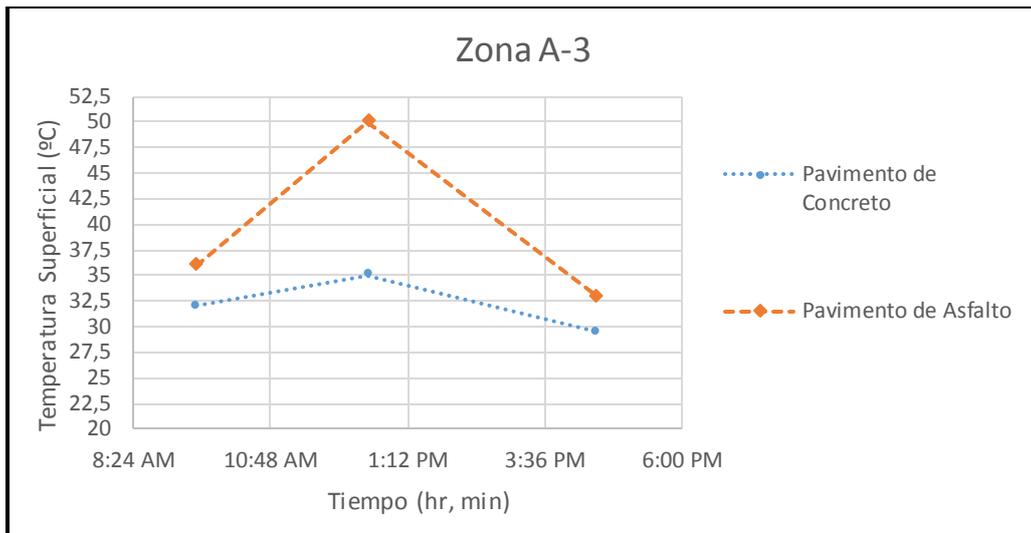


Gráfico N° 13: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-3 en el mes de enero (I).

FUENTE: Elaboración propia.

En el Gráfico N° 13, se observa un registro de temperatura máxima de 50 grados Celsius alrededor del mediodía, para los pavimentos de asfalto. En donde se registra también el diferencial de temperatura crítico de 15 grados Celsius para las 12:30 pm.

Sin embargo, a esas horas se presencié el riego de los jardines cercanos a las vías de pavimentos de concreto, con lo cual es posible que esto haya afectado en el registro de la temperatura para las superficies indicadas. Por lo que, el registro de temperatura desciende a 35 grados Celsius para el pavimento de concreto al mismo tiempo que se registró una temperatura de 50 grados Celsius en pavimentos de asfalto.

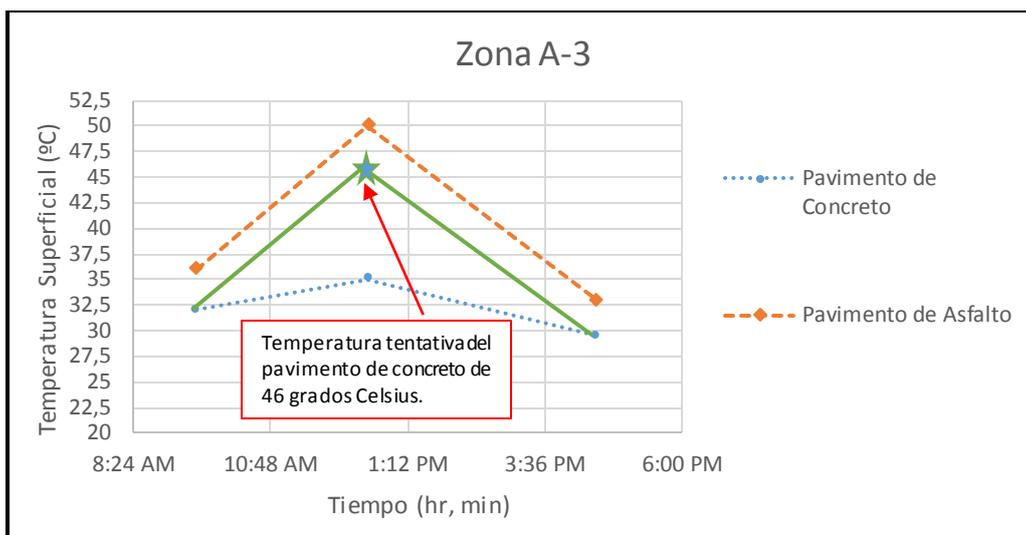


Gráfico N° 14: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-3 en el mes de enero (II).

FUENTE: Elaboración propia.

- Febrero 2019

Para este mes se registraron las siguientes temperaturas:

Tabla N° 88: Datos de temperatura en la zona de estudio A-3 en el mes de febrero.

Tiempo		Temperatura Superficial (°C)	
		Pavimento de Concreto	Pavimento de Asfalto
Mañana	9:30 am	35.5	37
Mediodía	12:30 pm	43.5	49.5
Tarde	16:30 pm	47	44

FUENTE: Elaboración propia.

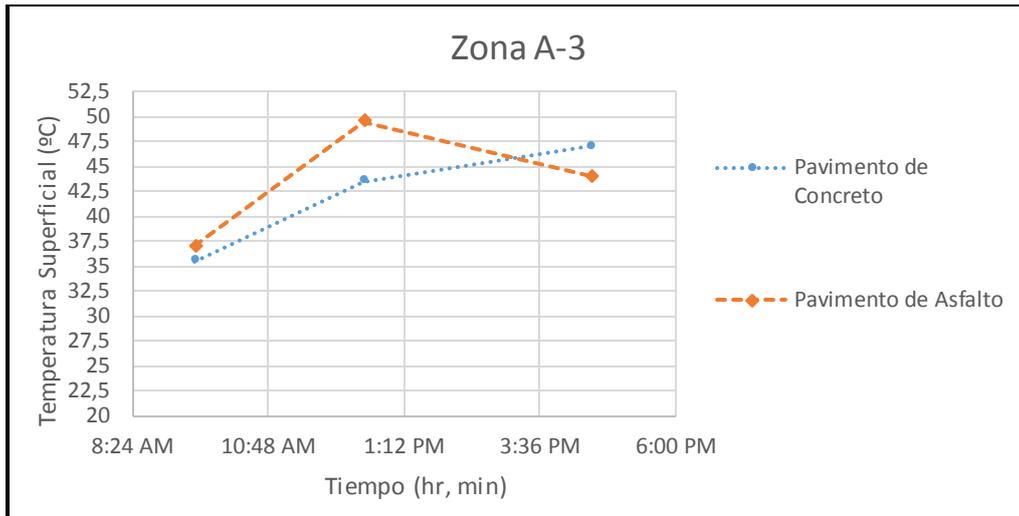


Gráfico N° 15: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-3 en el mes de febrero (I).

FUENTE: Elaboración propia.

En el Gráfico N° 15, se observa un diferencial de temperatura de hasta 6 grados Celsius, entre la curva de asfalto y la curva de concreto. La sub-zona “3”, está comprendida por un área de estacionamiento de vehículos y presencia de árboles.

Por lo que es importante, indicar que a las 4:30 pm la temperatura registrada en el pavimento de asfalto decae a comparación del pavimento de concreto, sin embargo, es posible que se originó este fenómeno atípico por la presencia de sombras en la zona de muestreo.

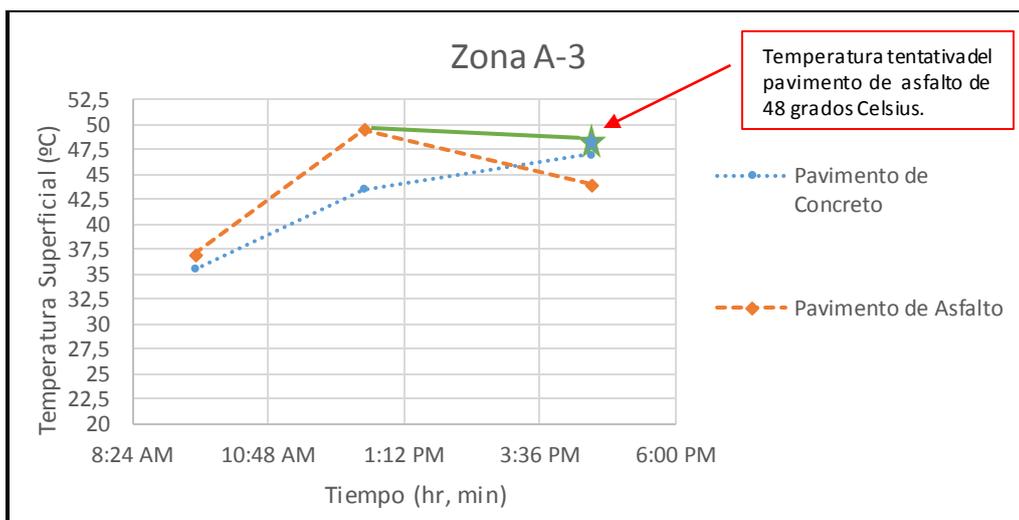


Gráfico N° 16: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-3 en el mes de febrero (II).

FUENTE: Elaboración propia.

Para esta zona de análisis, durante los meses de diciembre, enero y febrero, se registraron las máximas temperaturas durante el mes último para los dos tipos de pavimentos, debido a que en este mes se midió una temperatura ambiental promedio de 27.43 grados Celsius y a la vez mayor que los otros dos meses anteriores.

Sin embargo, para esta zona se presentó lecturas de temperaturas atípicas en función a lo que se describe en la revisión de literatura, para el comportamiento de ambos pavimentos.

- **Zona de Estudio A-4**

Esta zona corresponde a 2 sub-zonas (sub-zona “A” y sub-zona “4”), en las cuales se registró la toma de temperaturas en superficies, en 3 horarios del día. La sub-zona “A” con presencia de superficies de pavimentos a base de concreto. La sub-zona “4” con presencia de superficies de pavimentos a base de asfalto.

Las mediciones para esta zona, se hicieron durante los meses de diciembre, enero y febrero, con una temperatura promedio de 22.35 °C, 25.84 °C y 27.43 °C, respectivamente.

- **Diciembre 2018**

Para este mes se registraron las siguientes temperaturas:

Tabla N° 89: Datos de temperatura en la zona de estudio A-4 en el mes de diciembre.

Tiempo		Temperatura Superficial (°C)	
		Pavimento de Concreto	Pavimento de Asfalto
Mañana	9:30 am	36	38
Mediodía	12:30 pm	33	33
Tarde	16:30 pm	31	33

FUENTE: Elaboración propia.

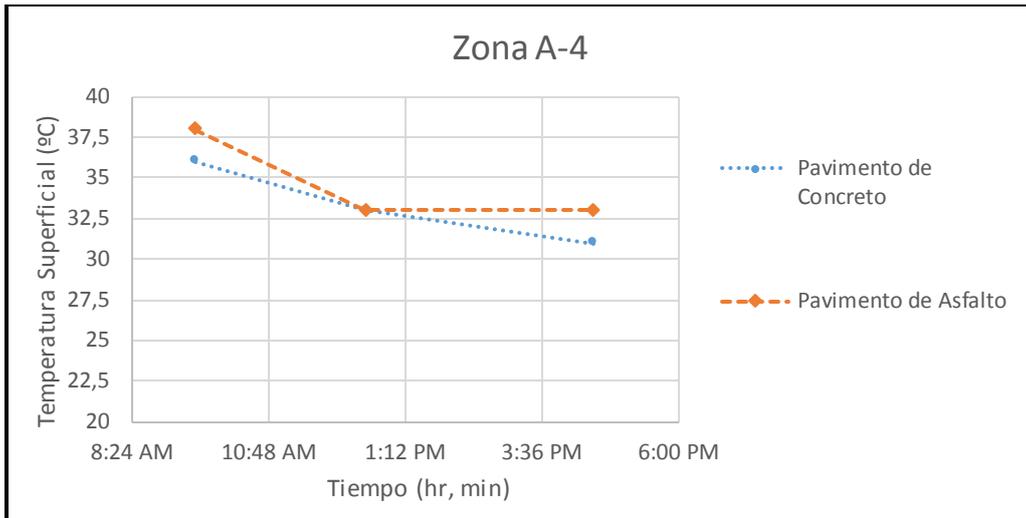


Gráfico N° 17: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-4 en el mes de diciembre (I).

FUENTE: Elaboración propia.

En el Gráfico N° 17, se observa un diferencial de temperatura de hasta 2 grados Celsius, entre la curva de asfalto y la curva de concreto. La sub-zona “4”, está comprendida por un área con la presencia de árboles cercanos a los pavimentos de asfalto.

También, se observa un descenso del registro de temperaturas para ambos pavimentos alrededor del mediodía, un suceso diferente a lo marcado en las otras zonas. Es posible indicar que la disminución de temperaturas alrededor del mediodía, se dio a consecuencia de la presencia de nubes interfiriendo en la incidencia solar sobre las superficies a esa hora (presencia de nubes blancas).

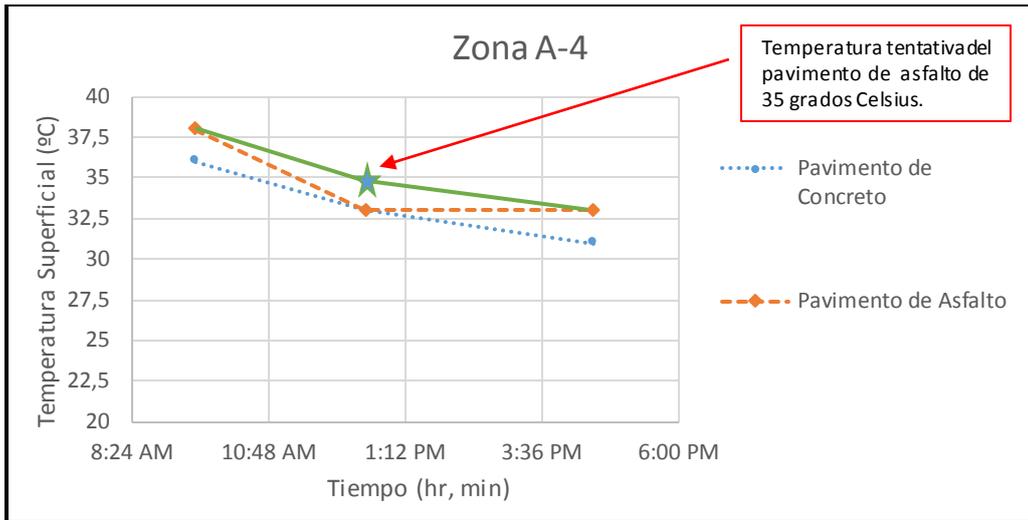


Gráfico N° 18: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-4 en el mes de diciembre (II).

FUENTE: Elaboración propia.

- Enero 2019

Para este mes se registraron las siguientes temperaturas:

Tabla N° 90: Datos de temperatura en la zona de estudio A-4 en el mes de enero.

Tiempo		Temperatura Superficial (°C)	
		Pavimento de Concreto	Pavimento de Asfalto
Mañana	9:30 am	36	40
Mediodía	12:30 pm	40	41
Tarde	16:30 pm	31	35

FUENTE: Elaboración propia.

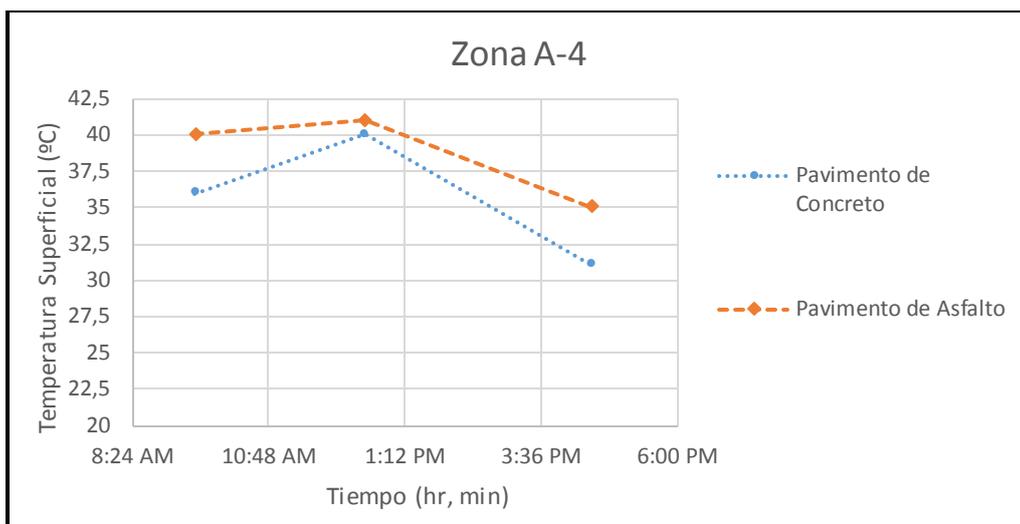


Gráfico N° 19: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-4 en el mes de enero.

FUENTE: Elaboración propia.

En el Gráfico N° 19, se observa un diferencial de temperatura de 4 grados Celsius en tempranas horas del día y al caer la tarde.

Como se muestra en los diagramas de variación de temperatura para las zonas anteriores, la mayor incidencia solar en las superficies se reflejan a horas del mediodía, pero el diferencial de temperatura a esta hora registró 1 grado Celsius. Es posible indicar que por la presencia de árboles en la sub-zona “3”, se originaron sombras que afectaron las lecturas de temperatura en pavimentos asfálticos para el mediodía.

- Febrero 2019

Para este mes se registraron las siguientes temperaturas:

Tabla N° 91: Datos de temperatura en la zona de estudio A-4 en el mes de febrero.

Tiempo		Temperatura Superficial (°C)	
		Pavimento de Concreto	Pavimento de Asfalto
Mañana	9:30 am	39	40
Mediodía	12:30 pm	39	40.5
Tarde	16:30 pm	30.5	30

FUENTE: Elaboración propia.

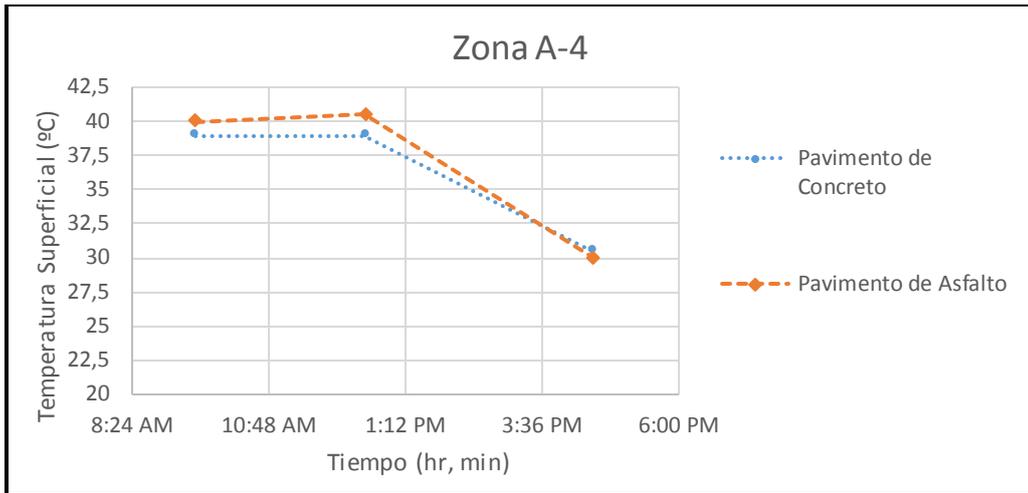


Gráfico N° 20: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-4 en el mes de febrero (I).

FUENTE: Elaboración propia.

En el Gráfico N° 20, se observa un diferencial de temperatura de hasta 1.5 grados Celsius, entre la curva de asfalto y la curva de concreto.

También, se observa una lectura de temperatura en pavimentos asfálticos menor al de concreto en horas de la tarde (4:30 pm). Sin embargo, este fenómeno atípico se originó por los arboles cercanos a la sub-zona “4”, el cual generaron sombras que afectaron el registro y descenso de temperatura en el asfalto.

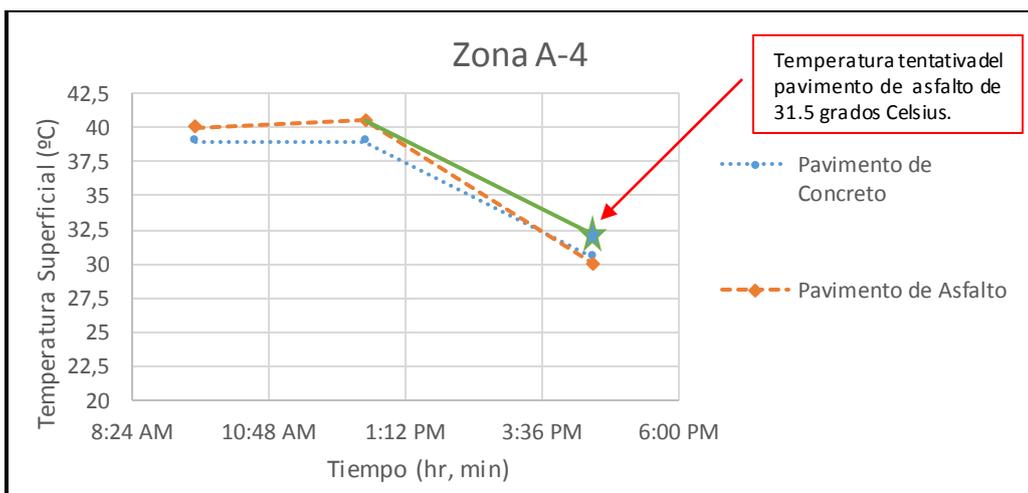


Gráfico N° 21: Diagrama de variación de temperatura en la zona de estudio A-4 en el mes de febrero (II).

FUENTE: Elaboración propia.

Del análisis en las sub-zonas “A” y “4” pertenecientes a la zona “A-4”, para los meses diciembre, enero y febrero, se registra una variación de temperatura, alcanzado lecturas máximas de 41 grados Celsius en pavimentos asfálticos y 40 grados Celsius en pavimentos de concreto.

La presencia de cobertura vegetal aledaña a la sub-zona “4” en algunos casos, afectaron el registro de mediciones de temperatura para pavimentos asfálticos.

- Es importante señalar que para las zonas de estudio, la mayor incidencia solar sobre las superficies de pavimentos se vio reflejado en horas del mediodía. Además, la presencia de cobertura vegetal, vehículos en estacionamiento, humedad en la superficie y cielos no despejados, afectaron las lecturas de temperaturas al momento del muestreo realizado en campo.

b. Desarrollo de la Valoración Ecológica Cualitativa (Evaluación de Impactos)

Haciendo uso del método de evaluación de la Matriz de Leopold se logró analizar los impactos ambientales generados por la acción de los trabajos considerados en las etapas de construcción, operación y mantenimiento de las dos alternativas de pavimentos para el diseño de vías en el campus de la UNALM.

Para la evaluación de los impactos ambientales identificados durante la etapa constructiva, se utilizó la información existente en los planes de manejo ambiental para los proyectos ejecutados por la Oficina de Infraestructura Física (Unidad Ejecutora de Obras de la UNALM). Esta información, pertenece a los trabajos de recopilación y análisis para la formación de la línea base de los EIA (Estudio de Impacto Ambiental), el cual representa el estado actual del área de actuación, previo a la ejecución de los proyectos.

Sin embargo, para la etapa de operación y mantenimiento se utilizó la información desarrollada en la valoración ecológica cuantitativa como un indicador posible de impacto generado sobre los dos tipos de pavimentos.

b.1. Identificación de impactos

Como parte de este estudio, se identificó, se describió, se valoró y se ordenó los impactos ambientales generados por la acción de los trabajos de construcción, operación y mantenimiento (actividades impactantes) sobre los factores ambientales afectados.

b.2. Evaluación de impactos

El desarrollo de la metodología para la evaluación de impactos ambientales inicio con la identificación de las actividades impactantes, para luego identificar los factores ambientales afectables, y después identificar los impactos ambientales.

- **Identificación de las Actividades Impactantes**

Tabla N° 92: Actividades impactantes en Pavimentos Flexibles.

Identificación de las Actividades Impactantes		
Pavimentos Flexibles	Durante el Proceso Constructivo	Perfilado y Compactación de la Subrasante.
		Sub-base Granular E=0.32m c/equipo.
		Base Granular E=0.20m c/equipo.
		Imprimación Asfáltica.
		Carpeta Asfáltica E=2”.
	Etapas de Operación y Mantenimiento	Sellado de Fisuras y Grietas.
		Parchado Profundo.
		Sellos Asfálticos.
		Recapados Asfálticos.

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla N° 93: Actividades impactantes en Pavimento Rígidos.

Identificación de las Actividades Impactantes		
Pavimentos Rígidos	Durante el Proceso Constructivo	Perfilado y compactación de la subrasante.
		Sub-base Granular E=0.15m c/equipo.
		Encofrado y desencofrado de Losas.
		Losa de concreto premezclado $f'c=280\text{kg/cm}^2$
		Acero Longitudinal (Barras de Amarre).
		Acero Transversal (Pasa Juntas).
		Acabado y Texturizado de Losas
		Curado de Losas de concreto.
		Junta de Construcción Longitudinal.
		Junta de Construcción Transversal.
		Etapa de Operación y Mantenimiento
	Resellado de Juntas.	
	Microfresado de Losas.	

FUENTE: Elaboración propia.

- **Identificación de los Factores Ambientales Afectados**

Se identificó los factores ambientales que son afectados por los trabajos de construcción, operación y mantenimiento para las dos alternativas de pavimentos.

- Suelo (Medio Físico).
- Aire (Medio Físico).
- Población (Medio Socioeconómico).

- **Identificación de Impactos Ambientales**

Se procedió a identificar los impactos ambientales, para lo cual se empleó el método de la matriz de causa-efecto, denominada también matriz de Leopold. La identificación de los impactos potenciales en la matriz, fueron evaluados de manera cualitativa y cuantitativa; en cada una de las celdas se calificaron los impactos positivos (+) o negativos (-), la magnitud (M) e importancia (I), estos dos últimos en un rango del 1 (leve) al 10 (severo) en relación a la intensidad del impacto.

Tabla N° 94: Matriz de Leopold para pavimentos flexibles.

Factores Ambientales	Durante el Proceso Constructivo													
	Perfilado y compactación de la subrasante.		Sub-Base Granular E=0.32m c/equipo		Base Granular E=0.20m c/equipo		Imprimación Asfáltica		Carpeta Asfáltica E=2"		Total Etapa de Construcción			
	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I		
I. Medio Físico												-65	69	
Suelo														
Derrame de Líquidos peligrosos	-2	2	-2	2	-2	2	-2	2	-2	2	-2	2	-10	10
Vertimiento al suelo desnudo	-2	2	-2	2	-2	2	-2	2	-2	2	-2	2	-10	10
Alteración de las propiedades físicas del suelo	-2	2	-2	2	-2	2	0	0	-2	2	-2	2	-8	8
Aire														
Gradiente térmico	0	0	0	0	0	0	-3	3	-3	3	-3	3	-6	6
Emisión de gases	-2	3	-2	3	-2	3	-3	3	-3	3	-3	3	-12	15
Suspensión de material particulado	-2	2	-2	2	-2	2	-1	2	-2	2	-2	2	-9	10
Niveles de ruido ambiental	-2	2	-2	2	-2	2	-2	2	-2	2	-2	2	-10	10
II. Medio Socioeconómico													0	20
Población														
Salud y seguridad	-2	2	-2	2	-2	2	-2	2	-3	2	-3	2	-11	10
Generación de empleo	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	11	10
Promedios Aritméticos	-12	17	-12	17	-12	17	-13	18	-16	20	-16	20		
TOTAL														

FUENTE: Elaboración propia.

<<continuación>>

Factores Ambientales	Etapa de Operación y Mantenimiento										Total Componente Ambiental		
	Sellado de Fisuras y Grietas		Parchado Profundo		Sellos Asfálticos		Recapados Asfálticos		Total Etapa Operación y Mantenimiento				
	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	
I. Medio Físico										-38	70	-103	139
Suelo													
Derrame de Líquidos peligrosos	-2	3	-2	3	-1	2	-1	2	-6	10	-16	20	
Vertimiento al suelo desnudo	-1	3	-1	3	-1	2	-1	2	-4	10	-14	20	
Alteración de las propiedades físicas del suelo	-1	3	-1	3	-1	2	-1	2	-4	10	-12	18	
Aire													
Gradiente térmico	-2	3	-2	3	-1	2	-1	2	-6	10	-12	16	
Emisión de gases	-2	3	-2	3	-1	2	-1	2	-6	10	-18	25	
Suspensión de material particulado	-2	3	-2	3	-1	2	-1	2	-6	10	-15	20	
Niveles de ruido ambiental	-2	3	-2	3	-1	2	-1	2	-6	10	-16	20	
II. Medio Socioeconómico									0	20	0	40	
Población													
Salud y seguridad	-2	3	-2	3	-1	2	-1	2	-6	10	-13	20	
Generación de empleo	2	3	2	3	1	2	1	2	6	10	17	20	
Promedios Aritméticos	-12	27	-12	27	-7	18	-7	18					
TOTAL											-103	179	

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla N° 95: Resumen de la Matriz de Leopold (Pavimentos Flexibles).

Factores Ambientales	Etapa de Construcción		Etapa de Operación y Mantenimiento		Total Componente Ambiental	
	M	I	M	I	M	I
Medio Físico	-65	69	-38	70	-103	139
Medio Socioeconómico	0	20	0	20	0	40
Total componente del proyecto	-65	89	-38	90	-103	179

FUENTE: Elaboración propia.

- En la tabla N° 95, se detalló la evaluación de impactos ambientales por la matriz de Leopold, para la ejecución de vías con pavimentos flexibles en el campus de la UNALM.
- De la información obtenida, se observa que para la etapa de construcción, la magnitud del impacto neto es negativo (-65), en tanto la magnitud del impacto sobre el medio físico es (-65) y en el medio socioeconómico es (0).
- En la etapa de operación y mantenimiento se observa que la magnitud del impacto es negativo (-38 puntos).
- La valoración relativa de todo el proyecto tiene resultado negativo con 103 puntos en magnitud
- La incidencia total sobre los factores ambientales es 179 puntos, lo cual resulta alto.

Tabla N° 96: Matriz de Leopold para pavimentos rígidos.

Factores Ambientales	Durante el Proceso Constructivo															
	Perfilado y compactación de la subrasante.		Sub-base Granular e=0.15m c/equipo		Encofrado y Desencofrado de Losas		Losas de concreto premezclado f'c=280kg/cm2		Acero Longitudinal (Barras de amarre)		Acero Transversal (Pasajuntas)		Acabado y Texturizado de Losas		Curado de Losas de Concreto	
	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I
I. Medio Físico																
Suelo																
Derrame de Líquidos peligrosos	-2	2	-2	2			-2	2							-1	2
Vertimiento al suelo desnudo	-2	2	-2	2			-2	2							-1	2
Alteración de las propiedades físicas del suelo	-2	2	-2	2	-1	2	-2	2								
Aire																
Gradiente térmico	0	0	0	0			-1	3								
Emisión de gases	-2	3	-2	3			-2	3							-1	3
Suspensión de material particulado	-2	2	-2	2			-1	2								
Niveles de ruido ambiental	-2	2	-2	2	-1	2	-2	2	-1	2	-1	2			-1	2
II. Medio Socioeconómico																
Población																
Salud y seguridad	-2	2	-2	2	-2	2	-3	2	-1	2	-1	2	-1	2	-1	2
Generación de empleo	2	2	2	2	2	2	3	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Promedios Aritméticos	-12	17	-12	17	-2	8	-12	20	-1	6	-1	6	0	4	-4	13
TOTAL																

FUENTE: Elaboración propia.

<<continuación>>

Factores Ambientales	Durante el Proceso Constructivo						Etapa de Operación y Mantenimiento								Total Componente Ambiental			
	Junta de Construcción o Contracción Longitudinal		Junta de Construcción o Contracción Transversal		Total Etapa de Construcción		Reparación de Losas en Espesor Parcial		Resellado de Juntas		Microfresado de Losas		Total Etapa de Operación y Mantenimiento					
	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I		
I. Medio Físico					-56	81									-18	18	-74	99
Suelo																		
Derrame de Líquidos peligrosos	-1	2	-1	2	-9	12	-1	1	-1	1	-1	1	-3	3	-12	15		
Vertimiento al suelo desnudo	-1	2	-1	2	-9	12	-1	1	-1	1			-2	2	-11	14		
Alteración de las propiedades físicas del suelo					-7	8	-1	1			-1	1	-2	2	-9	10		
Aire																		
Gradiente térmico					-1	3	-1	1	-1	1			-2	2	-3	5		
Emisión de gases	-1	3	-1	3	-9	18	-1	1	-1	1	-1	1	-3	3	-12	21		
Suspensión de material particulado	-1	2	-1	2	-7	10	-1	1	-1	1	-1	1	-3	3	-10	13		
Niveles de ruido ambiental	-2	2	-2	2	-14	18	-1	1	-1	1	-1	1	-3	3	-17	21		
II. Medio Socioeconómico					0	40							0	6	0	46		
Población																		
Salud y seguridad	-1	2	-1	2	-15	20	-1	1	-1	1	-1	1	-3	3	-18	23		
Generación de empleo	1	2	1	2	15	20	1	1	1	1	1	1	3	3	18	23		
Promedios Aritméticos	-6	15	-6	15			-7	9	-6	8	-5	7						
TOTAL																	-74	145

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla N° 97: Resumen de la Matriz de Leopold (Pavimentos Rígidos).

Factores Ambientales	Etapa de Construcción		Etapa de Operación y Mantenimiento		Total Componente Ambiental	
	M	I	M	I	M	I
Medio Físico	-56	81	-18	18	-74	99
Medio Socioeconómico	0	40	0	6	0	46
Total componente del proyecto	-56	121	-18	24	-74	145

FUENTE: Elaboración propia.

- En la tabla N° 97, se detalló la evaluación de impactos ambientales por la matriz de Leopold, para la ejecución de vías con pavimentos rígidos en el campus de la UNALM.
- De la información obtenida, se observa que para la etapa de construcción, la magnitud del impacto neto es negativo (-56), en tanto la magnitud del impacto sobre el medio físico es (-56) y en el medio socioeconómico total es de (0).
- En la etapa de operación y mantenimiento se observa que la magnitud del impacto es negativo (-18 puntos).
- La valoración relativa de todo el proyecto tiene resultado negativo con 74 puntos en magnitud
- La incidencia total sobre los factores ambientales es 145 puntos, lo cual resulta alto.

b.3. Descripción de los Impactos Ambientales

De los impactos evaluados en las matrices de Leopold, se realizó la descripción de cada una de ellos, en relación a las actividades y factores ambientales identificados.

- **Derrame de Líquidos Peligrosos (Impacto Negativo)**

En las etapas de construcción, operación y mantenimiento, se transportarán y usaran equipos y vehículos para las labores de construcción y conservación, en donde podrían ocurrir derrames de líquidos peligrosos, los cuales serían perjudiciales para la estructura del suelo, cuando este se encuentre desnudo.

- **En Pavimentos Flexibles**

Tabla N° 98: Descripción de Impactos (Derrame de Líquidos Peligrosos) en Pavimentos Flexibles.

Descripción	Calificación del Impacto (Magnitud e Impacto)
El impacto fue identificado para los trabajos de: perfilado y compactación de la subrasante, relleno de material granular (sub-base y base), imprimación asfáltica y carpeta asfáltica, durante el proceso constructivo para pavimentos flexibles.	La magnitud del impacto fue calificada como moderada (-2) y una importancia media (2).
Para la etapa de operación y mantenimiento de pavimentos flexibles, las tareas identificadas con peligro de impacto son: sellado de fisuras y grietas, parchado profundo, sellos asfálticos y recapados asfálticos.	La magnitud del impacto, fue calificada como moderada (-2) y una importancia alta (3) para las tareas de conservación rutinaria. En cambio para las tareas de conservación periódica, se calificó la magnitud del impacto como leve (-1) y una importancia media (2).

FUENTE: Elaboración propia.

- **En Pavimentos Rígidos**

Tabla N° 99: Descripción de Impactos (Derrame de Líquidos Peligrosos) en Pavimentos Rígidos.

Descripción	Calificación del Impacto (Magnitud e Impacto)
Durante la etapa constructiva se identificó el tipo de impacto en las tareas de: (a) perfilado y compactación de la subrasante, (b) relleno de material granular (sub-base), (c) vaciado e instalación de losa de concreto, (d) curado de losas y (e) juntas de construcción.	La magnitud del impacto fue calificada como moderada (-2) y una importancia media (2), en (a), (b) y (c). En cambio, para (d) y (e), la magnitud del impacto fue calificada leve (-1) y una importancia media (2).
En la etapa de operación y mantenimiento, el impacto se identificó en los trabajos como: reparación de losas, resellado de juntas y microfresado de losas.	La magnitud del impacto fue calificada como leve (-1) y una importancia baja (1), para los trabajos de conservación periódicos.

FUENTE: Elaboración propia.

- **Vertimiento al suelo desnudo (Impacto Negativo)**

En las etapas de construcción, operación y mantenimiento, se ejecutarán trabajos de instalación y vertido de materiales al suelo desnudo (material granular y líquidos), los cuales serán perjudiciales para la estructura del suelo.

- **En Pavimentos Flexibles**

Tabla N° 100: Descripción de Impactos (Vertimiento al suelo desnudo) en Pavimentos Flexibles.

Descripción	Calificación del Impacto (Magnitud e Impacto)
El impacto fue identificado para los trabajos de: perfilado y compactación de la subrasante, relleno de material granular (sub-base y base), imprimación asfáltica y carpeta asfáltica, durante el proceso constructivo para pavimentos flexibles.	La magnitud del impacto fue calificada como moderada (-2) y una importancia media (2).
En la etapa de operación y mantenimiento, el impacto se identificó en los trabajos como: sellado de fisuras y grietas, parchado profundo, sellos asfálticos y recapados asfálticos.	La magnitud del impacto, fue calificada como leve (-1) y una importancia alta (3) para las tareas de conservación rutinaria. En cambio para las tareas de conservación periódica, se calificó la magnitud del impacto como leve (-1) y una importancia media (2).

FUENTE: Elaboración propia.

- **En Pavimentos Rígidos**

Tabla N° 101: Descripción de Impactos (Vertimiento al suelo desnudo) en Pavimentos Rígidos.

Descripción	Calificación del Impacto (Magnitud e Impacto)
Durante la etapa constructiva se identificó el tipo de impacto en las tareas de: (a) perfilado y compactación de la subrasante, (b) relleno de material granular (sub-base), (c) vaciado e instalación de losa de concreto, (d) curado de losas y (e) juntas de construcción.	La magnitud del impacto fue calificada como moderada (-2) y una importancia media (2), en (a), (b) y (c). En cambio, para (d) y (e), la magnitud del impacto fue calificada leve (-1) y una importancia media (2).
En la etapa de operación y mantenimiento, el impacto se identificó en los trabajos como: reparación de losas y resellado de juntas.	La magnitud del impacto fue calificada como leve (-1) y una importancia baja (1), para los trabajos de conservación periódicos.

FUENTE: Elaboración propia.

- **Alteración de las propiedades físicas del suelo (Impacto Negativo)**

Los trabajos de excavación, compactación, instalación de asfalto o vertido de concreto, alterarán las características físicas del suelo en las áreas donde se ejecute.

- **En Pavimentos Flexibles**

Tabla N° 102: Descripción de Impactos (Alteración de las propiedades físicas del suelo) en Pavimentos Flexibles.

Descripción	Calificación del Impacto (Magnitud e Impacto)
El impacto fue identificado para los trabajos de: perfilado y compactación de la subrasante, relleno de material granular (sub-base y base) y carpeta asfáltica, durante el proceso constructivo para pavimentos flexibles.	La magnitud del impacto fue calificada como moderada (-2) y una importancia media (2).
En la etapa de operación y mantenimiento, el impacto se identificó en los trabajos como: sellado de fisuras y grietas, parchado profundo, sellos asfálticos y recapados asfálticos.	La magnitud del impacto, fue calificada como leve (-1) y una importancia alta (3) para las tareas de conservación rutinaria. En cambio para las tareas de conservación periódica, se calificó la magnitud del impacto como leve (-1) y una importancia media (2).

FUENTE: Elaboración propia.

- **En Pavimentos Rígidos**

Tabla N° 103: Descripción de Impactos (Alteración de las propiedades físicas del suelo) en Pavimentos Rígidos.

Descripción	Calificación del Impacto (Magnitud e Impacto)
Durante la etapa constructiva se identificó el tipo de impacto en las tareas de: (a) perfilado y compactación de la subrasante, (b) relleno de material granular (sub-base), (c) encofrado y desencofrado de losas y (d) vaciado e instalación de losa de concreto.	La magnitud del impacto fue calificada como moderada (-2) y una importancia media (2), en (a), (b) y (d). En cambio, para (c) la magnitud del impacto fue calificada leve (-1) y una importancia media (2).
En la etapa de operación y mantenimiento, el impacto se identificó en los trabajos como: reparación de losas y microfresado de losas.	La magnitud del impacto fue calificada como leve (-1) y una importancia baja (1), para los trabajos de conservación periódicos.

FUENTE: Elaboración propia.

- **Gradiente térmico (Impacto Negativo)**

La aplicación de mezclas a temperaturas elevadas, afecta al medio ambiente, produciendo un efecto de gradiente térmico denominado Islas de Calor; debido a la composición y las propiedades térmicas del material característico del tipo de pavimento a diseñar.

- **En Pavimentos Flexibles**

Tabla N° 104: Descripción de Impactos (Gradiente térmico) en Pavimentos Flexibles.

Descripción	Calificación del Impacto (Magnitud e Impacto)
El impacto fue identificado para los trabajos de: imprimación asfáltica y carpeta asfáltica, durante el proceso constructivo para pavimentos flexibles.	La magnitud del impacto fue calificada como severo (-3) y una importancia alta (3).
En la etapa de operación y mantenimiento, el impacto se identificó en los trabajos como: (a) sellado de fisuras y grietas, (b) parchado profundo, (c) sellos asfálticos y (d) recapados asfálticos.	La magnitud del impacto, fue calificada como moderada (-2) y una importancia alta (3) para las tareas de conservación rutinaria (a) y (b). En cambio para las tareas de conservación periódica (c) y (d), se calificó la magnitud del impacto como leve (-1) y una importancia media (2).

FUENTE: Elaboración propia.

- **En Pavimentos Rígidos**

Tabla N° 105: Descripción de Impactos (Gradiente térmico) en Pavimentos Rígidos.

Descripción	Calificación del Impacto (Magnitud e Impacto)
Durante la etapa constructiva se identificó el tipo de impacto en los trabajos de colocación y vaciado de losas de concreto.	La magnitud del impacto fue calificada como leve (-1) y una importancia alta (3).
En la etapa de operación y mantenimiento, el impacto se identificó en los trabajos como: reparación de losas y resellado de juntas.	La magnitud del impacto fue calificada como leve (-1) y una importancia baja (1), para los trabajos de conservación periódicos.

FUENTE: Elaboración propia.

- **Emisión de gases (Impacto Negativo)**

Para los trabajos de construcción, operación y mantenimiento, se emplearán equipos y vehículos, que emitirán gases perjudiciales al medio ambiente por acción de la combustión interna en los motores; además, materiales aplicados en el diseño de pavimentos, por su composición física y química producen un impacto negativo significativo al ambiente, elevando los índices de la Huella del Carbono.

- **En Pavimentos Flexibles**

Tabla N° 106: Descripción de Impactos (Emisión de gases) en Pavimentos Flexibles.

Descripción	Calificación del Impacto (Magnitud e Impacto)
El impacto fue identificado para los trabajos de: (a) perfilado y compactación de la subrasante, (b) relleno de material granular (sub-base y base), (c) imprimación asfáltica y (d) carpeta asfáltica, durante el proceso constructivo para pavimentos flexibles.	La magnitud del impacto fue calificada como moderada (-2) y una importancia alta (3), en (a) y (b). En cambio, para (c) y (d) la magnitud del impacto fue calificada severa (-3) y una importancia alta (3).
En la etapa de operación y mantenimiento, el impacto se identificó en los trabajos como: (a) sellado de fisuras y grietas, (b) parchado profundo, (c) sellos asfálticos y (d) recapados asfálticos.	La magnitud del impacto, fue calificada como moderada (-2) y una importancia alta (3) para las tareas de conservación rutinaria (a) y (b). En cambio para las tareas de conservación periódica (c) y (d), se calificó la magnitud del impacto como leve (-1) y una importancia media (2).

FUENTE: Elaboración propia.

- **En Pavimentos Rígidos**

Tabla N° 107: Descripción de Impactos (Emisión de gases) en Pavimentos Rígidos.

Descripción	Calificación del Impacto (Magnitud e Impacto)
Durante la etapa constructiva se identificó el tipo de impacto en los trabajos de: (a) perfilado y compactación de la subrasante, (b) relleno de material granular (sub-base), (c) colocación y vaciado de losas de concreto, (d) curado de losas y (e) juntas de construcción.	La magnitud del impacto fue calificada como moderada (-2) y una importancia alta (3), en (a), (b) y (c). En cambio, para (d) y (e) la magnitud del impacto fue calificada leve (-1) y una importancia alta (3).
En la etapa de operación y mantenimiento, el impacto se identificó en los trabajos como: reparación de losas, resellado de juntas y microfresado de losas.	La magnitud del impacto fue calificada como leve (-1) y una importancia baja (1), para los trabajos de conservación periódicos.

FUENTE: Elaboración propia.

- **Suspensión de material particulado (Impacto Negativo)**

Durante los trabajos de construcción, operación y mantenimiento, se producirá la suspensión de material particulado (polvo).

- **En Pavimentos Flexibles**

Tabla N° 108: Descripción de Impactos (Suspensión de material particulado) en Pavimentos Flexibles.

Descripción	Calificación del Impacto (Magnitud e Impacto)
El impacto fue identificado para los trabajos de: (a) perfilado y compactación de la subrasante, (b) relleno de material granular (sub-base y base), (c) imprimación asfáltica y (d) carpeta asfáltica, durante el proceso constructivo para pavimentos flexibles.	La magnitud del impacto fue calificada como moderada (-2) y una importancia media (2), en (a), (b) y (d). En cambio, para (c) la magnitud del impacto fue calificada leve (-1) y una importancia media (2).
En la etapa de operación y mantenimiento, el impacto se identificó en los trabajos como: (a) sellado de fisuras y grietas, (b) parchado profundo, (c) sellos asfálticos y (d) recapados asfálticos.	La magnitud del impacto, fue calificada como moderada (-2) y una importancia alta (3) para las tareas de conservación rutinaria (a) y (b). En cambio para las tareas de conservación periódica (c) y (d), se calificó la magnitud del impacto como leve (-1) y una importancia media (2).

FUENTE: Elaboración propia.

- **En Pavimentos Rígidos**

Tabla N° 109: Descripción de Impactos (Suspensión de material particulado) en Pavimentos Rígidos.

Descripción	Calificación del Impacto (Magnitud e Impacto)
Durante la etapa constructiva se identificó el tipo de impacto en los trabajos de: (a) perfilado y compactación de la subrasante, (b) relleno de material granular (sub-base), (c) colocación y vaciado de losas de concreto y (d) juntas de construcción.	La magnitud del impacto fue calificada como moderada (-2) y una importancia media (2), en (a) y (b). En cambio, para (c) y (d) la magnitud del impacto fue calificada leve (-1) y una importancia media (2).
En la etapa de operación y mantenimiento, el impacto se identificó en los trabajos como: reparación de losas, resellado de juntas y microfresado de losas.	La magnitud del impacto fue calificada como leve (-1) y una importancia baja (1), para los trabajos de conservación periódicos.

FUENTE: Elaboración propia.

- **Niveles de ruido ambiental (Impacto Negativo)**

El uso de equipos y máquinas durante los trabajos de construcción, operación y mantenimiento, generan niveles de ruidos medios y altos, debido al trabajo de los motores, vibrado de equipos, entre otros.

- **En Pavimentos Flexibles**

Tabla N° 110: Descripción de Impactos (Niveles de ruido ambiental) en Pavimentos Flexibles.

Descripción	Calificación del Impacto (Magnitud e Impacto)
El impacto fue identificado para los trabajos de: (a) perfilado y compactación de la subrasante, (b) relleno de material granular (sub-base y base), (c) imprimación asfáltica y (d) carpeta asfáltica, durante el proceso constructivo para pavimentos flexibles.	La magnitud del impacto fue calificada como moderada (-2) y una importancia media (2).
En la etapa de operación y mantenimiento, el impacto se identificó en los trabajos como: (a) sellado de fisuras y grietas, (b) parchado profundo, (c) sellos asfálticos y (d) recapados asfálticos.	La magnitud del impacto, fue calificada como moderada (-2) y una importancia alta (3) para las tareas de conservación rutinaria (a) y (b). En cambio para las tareas de conservación periódica (c) y (d), se calificó la magnitud del impacto como leve (-1) y una importancia media (2).

FUENTE: Elaboración propia.

- **En Pavimentos Rígidos**

Tabla N° 111: Descripción de Impactos (Niveles de ruido ambiental) en Pavimentos Rígidos.

Descripción	Calificación del Impacto (Magnitud e Impacto)
Durante la etapa constructiva se identificó el tipo de impacto en los trabajos de: (a) perfilado y compactación de la subrasante, (b) relleno de material granular (sub-base), (c) encofrado y desencofrado de losas, (d) colocación y vaciado de losas de concreto, (e) colocación de varillas de acero, (f) curado de losas y (g) juntas de construcción.	La magnitud del impacto fue calificada como moderada (-2) y una importancia media (2), en (a), (b), (d) y (g). En cambio, para (c), (e) y (f) la magnitud del impacto fue calificada leve (-1) y una importancia media (2).
En la etapa de operación y mantenimiento, el impacto se identificó en los trabajos como: reparación de losas, resellado de juntas y microfresado de losas.	La magnitud del impacto fue calificada como leve (-1) y una importancia baja (1), para los trabajos de conservación periódicos.

FUENTE: Elaboración propia.

- **Salud y Seguridad Ocupacional (Impacto Negativo)**

En obra, los trabajadores están expuestos a posibles accidentes ocupacionales durante los trabajos de construcción, operación y mantenimiento.

- **En Pavimentos Flexibles**

Tabla N° 112: Descripción de Impactos (Salud y Seguridad Ocupacional) en Pavimentos Flexibles.

Descripción	Calificación del Impacto (Magnitud e Impacto)
El impacto fue identificado para los trabajos de: (a) perfilado y compactación de la subrasante, (b) relleno de material granular (sub-base y base), (c) imprimación asfáltica y (d) carpeta asfáltica, durante el proceso constructivo para pavimentos flexibles.	La magnitud del impacto fue calificada como moderada (-2) y una importancia media (2) para los trabajos de (a), (b) y (c). En cambio, para (d) se calificó una magnitud severa (-3) y una importancia media (2).
En la etapa de operación y mantenimiento, el impacto se identificó en los trabajos como: (a) sellado de fisuras y grietas, (b) parchado profundo, (c) sellos asfálticos y (d) recapados asfálticos.	La magnitud del impacto, fue calificada como moderada (-2) y una importancia alta (3) para las tareas de conservación rutinaria (a) y (b). En cambio para las tareas de conservación periódica (c) y (d), se calificó la magnitud del impacto como leve (-1) y una importancia media (2).

FUENTE: Elaboración propia.

- **En Pavimentos Rígidos**

Tabla N° 113: Descripción de Impactos (Salud y Seguridad Ocupacional) en Pavimentos Rígidos.

Descripción	Calificación del Impacto (Magnitud e Impacto)
Durante la etapa constructiva se identificó el tipo de impacto en los trabajos de: (a) perfilado y compactación de la subrasante, (b) relleno de material granular (sub-base), (c) encofrado y desencofrado de losas, (d) colocación y vaciado de losas de concreto, (e) colocación de varillas de acero, (f) curado de losas y (g) juntas de construcción.	La magnitud del impacto fue calificada como moderada (-2) y una importancia media (2), en (a), (b) y (c). Además, en (d) se califica la magnitud como severa (-3) y una importancia media (2). En cambio, para (e), (f) y (g) la magnitud del impacto fue calificada leve (-1) y una importancia media (2).
En la etapa de operación y mantenimiento, el impacto se identificó en los trabajos como: reparación de losas, resellado de juntas y microfresado de losas.	La magnitud del impacto fue calificada como leve (-1) y una importancia baja (1), para los trabajos de conservación periódicos.

FUENTE: Elaboración propia

- **Generación de empleo (Impacto Positivo)**

Los trabajos de construcción, operación y mantenimiento necesitaran de la contratación de mano de obra. El empleo del personal, provocara un incremento temporal de los niveles de ingresos económicos a ellos y sus familias, por ende una mejora en la calidad de vida de los mismos.

Además, indirectamente se generara la existencia de puestos de trabajos (pensiones alimenticias, transporte, entre otros) por el consumo realizado por el personal.

- **En Pavimentos Flexibles**

Tabla N° 114: Descripción de Impactos (Generación de empleo) en Pavimentos Flexibles.

Descripción	Calificación del Impacto (Magnitud e Impacto)
El impacto fue identificado para los trabajos de: (a) perfilado y compactación de la subrasante, (b) relleno de material granular (sub-base y base), (c) imprimación asfáltica y (d) carpeta asfáltica, durante el proceso constructivo para pavimentos flexibles.	La magnitud del impacto fue calificada como moderada (2) y una importancia media (2) para los trabajos de (a), (b) y (c). En cambio, para (d) se calificó una magnitud severa (3) y una importancia media (2).
En la etapa de operación y mantenimiento, el impacto se identificó en los trabajos como: (a) sellado de fisuras y grietas, (b) parchado profundo, (c) sellos asfálticos y (d) recapados asfálticos.	La magnitud del impacto, fue calificada como moderada (2) y una importancia alta (3) para las tareas de conservación rutinaria (a) y (b). En cambio para las tareas de conservación periódica (c) y (d), se calificó la magnitud del impacto como leve (1) y una importancia media (2).

FUENTE: Elaboración propia.

- **En Pavimentos Rígidos**

Tabla N° 115: Descripción de Impactos (Generación de empleo) en Pavimentos Rígidos.

Descripción	Calificación del Impacto (Magnitud e Impacto)
Durante la etapa constructiva se identificó el tipo de impacto en los trabajos de: (a) perfilado y compactación de la subrasante, (b) relleno de material granular (sub-base), (c) encofrado y desencofrado de losas, (d) colocación y vaciado de losas de concreto, (e) colocación de varillas de acero, (f) curado de losas y (g) juntas de construcción.	La magnitud del impacto fue calificada como moderada (2) y una importancia media (2), en (a), (b) y (c). Además, en (d) se califica la magnitud como severa (3) y una importancia media (2). En cambio, para (e), (f) y (g) la magnitud del impacto fue calificada leve (1) y una importancia media (2).
En la etapa de operación y mantenimiento, el impacto se identificó en los trabajos como: reparación de losas, resellado de juntas y microfresado de losas.	La magnitud del impacto fue calificada como leve (1) y una importancia baja (1), para los trabajos de conservación periódicos.

FUENTE: Elaboración propia

b.4. Plan de Medidas de Prevención, Mitigación y Corrección Ambiental

Con el fin de cuidar el entorno ambiental y a sus habitantes, los impactos ambientales son analizados, por lo que se propone medidas de prevención, mitigación y corrección para las etapas de construcción, operación y mantenimiento, de los proyectos planteados para la zona de estudio.

Tabla N° 116: Medidas de Prevención, Mitigación y Corrección (parte I).

Impacto Ambiental Negativo	Medidas de Prevención, Mitigación y Corrección
Derrame de Líquidos peligrosos	Evitar el derrame de hidrocarburos, aceites y otros líquidos perjudiciales, por los vehículos y equipos, por los que se requiere el mantenimiento constante y contar con revisiones técnicas.
Vertimiento al suelo desnudo y alteración de las propiedades físicas del suelo.	Se implementara señalizaciones, como carteles con medidas de seguridad y protección al ambiente en cuanto a residuos sólidos.
	Se indicara los lugares adecuados para la disposición temporal de residuos o materiales de obra.
	Se deberá contar con un plan de manejo de residuos sólidos, en conformidad con la norma.
	Los aceites y lubricantes usados para el mantenimiento de equipos, deberán ser almacenados en recipientes herméticos, sellado y dispuestos en lugares adecuados.
	El material removido y el excedente de obra, deberá se protegido y eliminado como desmonte, para su posterior rehusó en otras obras que la requieran.

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla N° 117: Medidas de Prevención, Mitigación y Corrección (parte II).

Impacto Ambiental Negativo	Medidas de Prevención, Mitigación y Corrección
Gradiente térmico	Se recomienda la presencia de más espacios verdes y árboles en el campus de la UNALM. La conservación y presencia de cobertura vegetal en la zona de estudio, es considerada como una de las mejores alternativas para reducir el efecto de islas de calor en zonas urbanas. Además, el crecimiento poblacional en la UNALM, prevé un crecimiento a nivel de infraestructura alrededor del campus, el cual originará el aumento en el efecto de islas de calor; debido a ello, se deberá considerar una mejor planificación en cuanto a la disposición y ubicación de las edificaciones futuras, garantizando un mayor flujo de aire y generación de sombras que ayuden a mitigar los efectos de islas de calor.
Emisión de gases	Los vehículos y maquinarias utilizados para las labores de obra, deberán contar previamente con mantenimiento y revisión técnica, con el fin de controlar la emisión de gases de combustión; también, los vehículos y motores deberán contar con filtros de partículas, logrando minimizar las emisiones de gases.
	Las áreas de trabajo deberán contar con señalizaciones de prohibición de quema de residuos que puedan ser tóxicos al ambiente.
Suspensión de material particulado	Se deberá emplear agua para minimizar la suspensión de polvo, producido por los trabajos de excavación, movimiento de tierras, demoliciones, entre otros.
	Los vehículos que se utilizan para el acarreo de materiales, deberán contar con una cubierta sobre el material, para evitar la suspensión de polvo.
Niveles de ruido ambiental (producido por vibraciones irregulares y el trabajo de los motores en los equipos).	El mantenimiento de los motores en vehículos y equipos, reducirá niveles de ruidos generados por el continuo trabajo de estos, en obra.
	El empleo de señalizaciones en obra, deberá prohibir el uso de bocinas.

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla N° 118: Medidas de Prevención, Mitigación y Corrección (parte III).

Impacto Ambiental Negativo	Medidas de Prevención, Mitigación y Corrección
Salud y seguridad.	Los trabajadores de obra deberán contar con el equipo de protección personal, entregado por la unidad ejecutora.
	Antes del inicio de cada trabajo en el día, se deberán dictar charlas de inducción diarias al personal de obra.
	En toda obra, deberá contar con un plan de seguridad y salud en el trabajo y sus procedimientos, antes del inicio de la misma.
	Se deberá contar con un supervisor de seguridad y salud en el trabajo, el cual deberá capacitar al personal sobre su seguridad en obra y de los riesgos ambientales.
	Las áreas de trabajo deberán contar con señalizaciones de seguridad, advertencia o de evacuación, según se requiera.
	El ingreso a obra deberá ser estrictamente al personal calificado de los trabajos y seguridad que se debe tener, por lo cual se prohíbe el ingreso de personas ajenas a la obra.
	Se deberán realizar inspecciones periódicas a la obra, para garantizar el fiel cumplimiento de plan de seguridad y salud en el trabajo.

FUENTE: Elaboración propia.

4.7. ANÁLISIS COMPARATIVO

4.7.1. Del Análisis de Costos

Haciendo uso del cálculo de los espesores finales del diseño de capas para los dos tipos de pavimentos, se determinó el análisis de costos durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento para ambas estructuras.

- **Durante el Proceso Constructivo**

- **En Pavimentos Flexibles:**

Tabla N° 119: Costo Directo durante el Proceso Constructivo de Pavimentos Flexibles.

N°	Descripción	Unidad	Metrados	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
01.01.	Perfilado y Compactado de Subrasante	m2	18,216.95	3.52	64,123.66
01.02.	Sub-Base Granular E=0.32 m c/equipo	m2	18,216.95	30.65	558,349.47
01.03.	Base Granular E=0.20 m c/equipo	m2	18,216.95	22.95	418,078.97
01.04.	Imprimación Asfáltica	m2	18,216.95	3.35	61,026.78
01.05.	Carpeta Asfáltica e = 2"	m2	18,216.95	31.77	578,752.45
COSTO DIRECTO					1,680,331.33

FUENTE: Elaboración propia.

El costo total durante el proceso constructivo de pavimentos flexibles es de:

COSTO DIRECTO		S/.	1,680,331.33
GASTOS GENERALES	9.17%	S/.	154,026.77
SUB TOTAL		S/.	1,834,358.10
IGV	18%	S/.	330,184.46
COSTO TOTAL		S/.	2,164,542.55

- **En Pavimentos Rígidos:**

Tabla N° 120: Costo Directo durante el Proceso Constructivo de Pavimentos Rígidos.

N°	Descripción	Unidad	Metrado	P.U. (S/.)	Parcial (S/.)
1	Perfilado y Compactado de Subrasante	m2	18,216.95	3.52	64,123.66
2	Sub-Base Granular E=0.15 m c/equipo	m2	18,216.95	12.55	228,622.70
3	Encofrado y Desencofrado de Losas	m2	2,709.66	49.97	135,401.77
4	Losa de Concreto Premezclado f'c=280kg/cm ²	m3	4,627.10	341.84	1,581,729.54
5	Acero Longitudinal (Barra de Amarre)	kg	12,110.84	4.33	52,439.95
6	Acero Transversal (Pasajunta)	kg	47,143.99	3.95	186,218.75
7	Acabado y Texturizado de Losa	m2	18,216.95	0.66	12,023.19
8	Curado de Losa de Concreto	m2	18,216.95	1.76	32,061.83
9	Junta de Construcción o Contracción Longitudinal	m	2,408.45	17.96	43,255.76
10	Junta de Construcción o Contracción Transversal	m	4,000.90	19.36	77,457.33
COSTO DIRECTO					2,413,334.47

FUENTE: Elaboración propia.

El costo total durante el proceso constructivo de pavimentos rígidos es de:

COSTO DIRECTO		S/.	2,413,334.47
GASTOS GENERALES	13.47%	S/.	324,974.97
SUB TOTAL		S/.	2,738,309.45
IGV	18%	S/.	492,895.70
COSTO TOTAL		S/.	3,231,205.15

Tabla N° 121: Análisis comparativo, en el análisis de costos (proceso constructivo).

	Pavimentos Flexibles	Pavimentos Rígidos
ANÁLISIS DE COSTOS	Durante el proceso constructivo: Se determinó un costo directo de S/. 1,680,331.33, para la alternativa más económica con respecto al diseño.	Durante el proceso constructivo: Se determinó un costo directo de S/. 2,413.334.47.
	Los rendimientos de mano de obra utilizados para los trabajos de obra, determinaron un periodo de ejecución de 3 meses aproximadamente.	Los rendimientos de mano de obra utilizados para los trabajos de obra, determinaron un periodo de ejecución de 7 meses aproximadamente.
	El costo de los gastos generales (fijos y variables) es de S/. 154,026.77, el cual equivale al 9.17 por ciento (%) del costo directo.	El costo de los gastos generales (fijos y variables) es de S/. 324,974.97, el cual equivale al 13.47 por ciento (%) del costo directo.
	El 18 por ciento (%) aplicado a la suma del costo directo y los gastos generales, determinaron un monto de I.G.V. de S/. 330,184.46.	El 18 por ciento (%) aplicado a la suma del costo directo y los gastos generales, determinaron un monto de I.G.V. de S/. 492,895.70.
	El costo total calculado para el proceso constructivo, es de S/. 2,164,542.55.	El costo total calculado para el proceso constructivo, es de S/. 3,231,205.15.

FUENTE: Elaboración propia.

- **En la Etapa de Operación y Mantenimiento**

- **En Pavimentos Flexibles:**

Tabla N° 122: Costo Directo en la etapa de Operación y Mantenimiento de Pavimentos Flexibles.

N°	Descripción de Actividades	Unidad	Metrado	N° de veces al año	Total de veces en 20 años	P.U. S/.	Parcial S/.
01.	Conservación Rutinaria						
01.01.	Sellado de Fisuras y Grietas	m2	945	1	20	15.16	286,524.00
01.02.	Parchado Profundo	m2	945	1	20	71.77	1,356,453.00
02.	Conservación Periódica						
02.01.	Sellos Asfálticos	m2	945	1	6	15.13	85,787.10
02.02.	Recapados Asfálticos	m2	945	1	6	48.50	274,995.00
COSTO DIRECTO							2,003,759.10

FUENTE: Elaboración propia.

El costo total en la etapa de operación y mantenimiento de pavimentos flexibles es de:

COSTO DIRECTO		S/. 2,003,759.10
GASTOS GENERALES	9.17%	S/. 183,673.62
SUBTOTAL		<u>2,187,432.72</u>
I.G.V.	18%	S/. 393,737.89
TOTAL		S/. 2,581,170.62

- **En Pavimentos Rígidos:**

Tabla N° 123: Costo Directo en la etapa de Operación y Mantenimiento de Pavimentos Rígidos.

N°	Descripción de Actividades	Unidad	Metrado	N° de veces al año	Total de veces en 20 años	P.U. S/.	Parcial S/.
02.	Conservación Periódica						
02.01.	Reparación de Losas en Espesor Parcial	m2	945	1	4	106.65	403,137.00
02.02.	Resellado de Juntas	m	405	1	4	15.36	24,883.20
02.03.	Microfresado de Losas	m2	945	1	4	7.04	26,611.20
COSTO DIRECTO							454,631.40

FUENTE: Elaboración propia.

El costo total en la etapa de operación y mantenimiento de pavimentos rígidos es de:

COSTO DIRECTO		S/. 454,631.40
GASTOS GENERALES	13.47%	S/. <u>61,219.79</u>
SUBTOTAL		S/. 515,851.19
I.G.V.	18%	S/. <u>92,853.21</u>
TOTAL		S/. <u>608,704.40</u>

Tabla N° 124: Análisis comparativo, en el análisis de costos (etapa de operación y mantenimiento).

	Pavimentos Flexibles	Pavimentos Rígidos
ANÁLISIS DE COSTOS	Se determinó trabajos de conservación rutinaria, una vez al año por lo menos, por un período de 20 años para el sellado de fisuras y grietas, y parchado de las estructuras hasta el nivel inferior de la base granular (parchado profundo).	No se determinó trabajos de conservación rutinaria.
	Se determinó trabajos de mantenimiento periódico, por lo menos una vez cada 3 años, en un período de 20 años.	Se determinó trabajos de mantenimiento periódico, por lo menos una vez cada 5 años, en un período de 20 años.
	En un periodo de 20 años, se programó 6 veces la necesidad de ejecutar los trabajos de conservación periódica, como mínimo.	En un periodo de 20 años, se programó 4 veces la necesidad de ejecutar los trabajos de conservación periódica, como mínimo.
	Se recomendó trabajos de sellos asfálticos (reparación de fisuras con anchos mayores a 30 centímetros) y recapados asfálticos (recuperación del IRI inicial o de servicio), como tareas de conservación periódica.	Se recomendó trabajos de resellado de juntas (reparación de fisuras con anchos máximos de 3 centímetros), reparación de losas en espesor parcial (reparación de fisuras con anchos mayores a 3 centímetros, alcanzado anchos de 30 centímetros) y microfresado de losas (recuperación del IRI inicial o de servicio), como tareas de conservación periódica.
	En la etapa de operación y mantenimiento: Se determinó un costo directo de S/. 2,003,759.10, de los trabajos de conservación (rutinaria y periódica).	En la etapa de operación y mantenimiento: Se determinó un costo directo de S/. 454,631.40 de los trabajos de conservación (periódica).
	Se obtuvo un costo de gastos generales de S/. 183,673.62 y un costo de I.G.V. de S/. 393,737.89.	Se obtuvo un costo de gastos generales de S/. 61,219.79 y un costo de I.G.V. de S/. 92,853.21.
	El costo total calculado para la etapa de operación y mantenimiento, es de S/. 2,581,170.62.	El costo total calculado para la etapa de operación y mantenimiento, es de S/. 608,704.40.

FUENTE: Elaboración propia.

Para el análisis de costos, finalmente se determinó el costo total durante el ciclo de vida útil para ambos pavimentos.

Tabla N° 125: Análisis comparativo de costos total para pavimentos (flexibles y rígidos) durante su ciclo de vida útil.

	Pavimentos Flexibles	Pavimentos Rígidos
ANÁLISIS DE COSTOS	Se determinó un costo total de S/. 4,745,713.17, durante un período de análisis de 20 años, para un total de 2.2 kilómetros de vías.	Se determinó un costo total de S/. 3,839,909.55, durante un período de análisis de 20 años, para un total de 2.2 kilómetros de vías.
	El costo de ejecución de pavimentos rígidos representa un 19 % menor frente a los pavimentos flexibles, para el diseño de vías en el campus de la UNALM.	

FUENTE: Elaboración propia.

4.7.2. En el Estudio de Impacto Ambiental

Habiendo determinado la alternativa de menor costo del diseño de pavimentos (flexibles y rígidos) en las vías del campus de la UNALM, se desarrolló la evaluación del impacto ambiental, para el estudio de los posibles impactos identificados en la interacción de la temperatura frente a la ejecución de pavimentos en la zona de estudio.

Tabla N° 126: Análisis comparativo en el Estudio de Impacto Ambiental para pavimentos (flexibles y rígidos).

	Pavimentos Flexibles	Pavimentos Rígidos
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	De la valoración cuantitativa: Se registró temperaturas superficiales mayores a 6 grados Celsius con respecto a los pavimentos rígidos. Esto indica una mayor capacidad del material para la absorción de energía irradiada por el sol.	De la valoración cuantitativa: Se registró temperaturas superficiales menores a 6 grados Celsius con respecto a los pavimentos flexibles.
	La incidencia solar sobre el asfalto es mayor, debido a las propiedades térmicas del material (mayor conductividad térmica, mayor calor específico). Lo cual genera un mayor efecto térmico perjudicial al medio ambiente y a la población universitaria.	La incidencia solar sobre el concreto también es alta, sin embargo es menor con respecto al asfalto, debido a las propiedades térmicas que define cada tipo de material.
	De la valoración cualitativa: Se determinó mediante el método de la matriz de Leopold, un impacto negativo con un valor relativo de (103) y una incidencia del impacto de 179 puntos, para las etapas de construcción, operación y mantenimiento.	De la valoración cualitativa: Se determinó mediante el método de la matriz de Leopold, un impacto negativo con un valor relativo de (74) y una incidencia del impacto de 145 puntos, para las etapas de construcción, operación y mantenimiento.

FUENTE: Elaboración propia.

Del análisis se obtiene, un menor impacto perjudicial al ambiente, durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento, del diseño de pavimentos rígidos frente a pavimentos flexibles.

V. CONCLUSIONES

- El análisis comparativo a nivel de costos y la evaluación de impacto ambiental, realizados para el diseño de pavimentos flexibles frente a pavimentos rígidos urbanos, determino como la mejor alternativa de pavimentación en las vías del campus de la UNALM, a los pavimentos rígidos urbanos compuestos por losas de concreto con un espesor de 25 centímetros y una sub-base granular de 15 centímetros.
- Del análisis de costos ejecutados en las etapas de construcción, operación y mantenimiento, se concluye que la alternativa de menor costo durante el ciclo de vida útil de los pavimentos en los 2.2 kilómetros de vías del campus de la UNALM, para un período de análisis de 20 años, es el diseño de pavimentos rígidos urbanos con una diferencia de S/. 905,803.62 que representa el 19 % de menor costo con respecto a los pavimentos flexibles.
- Del estudio de impacto ambiental, se registró un máximo diferencial de temperatura de 6 grados Celsius, mayor en pavimentos flexibles en relación a los pavimentos rígidos urbanos, debido a la capacidad de la incidencia solar sobre las superficies de pavimentos y a sus propiedades térmicas, características de cada tipo de material principal que componen a ambas estructuras (pavimentos asfálticos y pavimentos de losas de concreto). Además, se partió de este estudio, para la evaluación del impacto ambiental (EIA) por el método de la Matriz de Leopold, del cual se concluye que el funcionamiento de los pavimentos rígidos urbanos durante su ciclo de vida útil, generan un menor impacto perjudicial al ambiente, convirtiéndose en la mejor alternativa de pavimentación con materiales “amigables” al medio ambiente, para el diseño de vías en el campus de la UNALM.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda extender el análisis del diseño de pavimentos bajo el punto de vista estructural, para garantizar que los espesores seleccionados cumplan con la resistencia mínima a la carga aplicada en cada una de ellas y evitar que se generen fallas estructurales a corto plazo durante el ciclo de vida útil de los pavimentos.
- Se recomienda utilizar programas de predicción de fallas existentes, durante el ciclo de vida útil de pavimentos, para lograr con mayor exactitud el tipo de fallas existentes y la cantidad de área afectada por las mismas.
- Se propone que todos los instrumentos utilizados para la medición de temperaturas (termómetros), sean de la misma marca, modelo y calibración, para no perjudicar en la lectura de los valores.
- Es conveniente realizar el muestreo de temperaturas en zonas seguras, para evitar la presencia de factores externos que puedan perjudicar la lectura de las mediciones.
- Se recomienda que los días y horarios para la medición de temperaturas fueran en presencia de luz solar y por lo que solo se registraron mediciones hasta antes de las 6 pm, evitando la afectación por el encendido de luz pública.
- Se recomienda el empleo de softwares informáticos como “RIAM” (*Rapid Impact Assessment Matrix*) o el método de la matriz de Conesa, que es un método muy aceptado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, las cuales apoyarían los resultados del estudio.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993. 444 n. Capitol Street, N.W., Suite 249 Washington, D.C. 2001.
- Barros Pozo, M.. 2010. Modificaciones Térmicas en la Ciudad de Lima: Análisis de la Presencia de la Isla de Calor Urbana. Tesis Ing. Lima, PE. UNALM. s.p.
- Betanzo Quezada, E. y R. Zavala Pelayo. 2008. “El mantenimiento de pavimentos en vialidades urbanas: El caso de la Zona Metropolitana de Queretano (México)”. Universidad Autónoma de Yucatán, Ingeniería, Volumen 12, Núm. 2. Mayo-Agosto, 2008. p. 67-75. México.
- Blanch, José Juan de Felipe. 2003. Emisiones de Gases Efecto Invernadero y Cambio Climático. Capítulo 1. P. 11-28.
- Burgos Vásquez, Bruno Milton. 2014. “Análisis Comparativo entre un Pavimento Rígido y un Pavimento Flexible para la Ruta S/R: Santa Elvira – El Arenal, en la Comuna de Valdivia”. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Chile.
- Chang Albitres, Carlos. 2011. “El pavimento urbano de concreto como estructura sostenible”. ASOCEM. Lima – Perú.
- Collazos Cerrón, Jesús. 2007. “Manual de Evaluación Ambiental de Proyectos”. Editorial “San Marcos”.
- Corredor M., Gustavo. “Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO”. Maestría en Vías Terrestres, Módulo III, Diseño de Pavimentos I. Universidad Nacional de Ingeniería.

- Cruz Sánchez, Ramiro. 2007. “Modelo de Evaluación de Eficiencia Energética de Vivienda de Interés Social”. Tesis para optar el grado de Magister. Chile.
- Espindola, César y José Valderrama. 2012. “Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas”. Vol. 23(1), p. 163-176 (2012).
- EUPAVE (European Concrete Paving Association). 2011. La contribución de los pavimentos de hormigón a la reducción del co2 del transporte. Ed. rev. s.l., Bélgica. S.p.
- Fernández García, Felipe. 2010. Impactos del cambio climático. Boletín de la Institución Libre de Enseñanza. 2010, n. 66-67.
- Giordani, Claudio y Diego Leone. 2015. “Pavimentos / Catedra Ingeniería Civil I / Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica Nacional, Página 1”. www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1_ano/civil/files/IC%20I-Pavimentos.pdf. (Consultada: 13/08/2018).
- Hernández Salazar, Manuel Aristides. 2016. “Evaluación Comparativa del Impacto Ambiental, de Pavimentos Flexibles frente a los Pavimentos Rígidos, mediante el Análisis de la Variación de Temperatura”. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrícola. Perú.
- Huang, Y. 2004. Pavement analysis and design. Ed. (2da). New Jersey, USA. Pearson Prentice Hall. P 1-5.
- Inzunza, Juan. 2002. “Metodología Descriptiva”. Cap. 4 Temperatura y Cap. 3 Radiación solar y terrestre.
- Jugo B., Augusto. 1993. “Manual de Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos Flexible (Acciones Básicas - Versión revisada 2005)”. Caracas.
- Mendoza Sánchez, Juan y Omar, Marcos Palomares. 2017. “El efecto del cambio climático en los pavimentos carreteros”. Congreso Americano del Asfalto. México.

- Ministerio del Ambiente (MINAM). 2009. Cambio Climático y Desarrollo Sostenible en el Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). 2003. Reglamento Nacional de Vehículos-Decreto Supremo N° 058-2003-MTC. Anexo IV: Pesos y Medidas. p. 78-89. Consultado 17 set. 2018. Disponible en http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_70.pdf.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). 2003. Reglamento Nacional de Vehículos-Decreto Supremo N° 058-2003-MTC. Anexo IV: Pesos y Medidas. p. 78-89. Consultado 17 set. 2018. Disponible en http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_70.pdf.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). 2011. Estudio Definitivo del proyecto de Mejoramiento de la Carretera Mala – Calango – La Capilla. Informe N° 06 – Informe Final – Volumen VI: Informe de Mantenimiento Rutinario y Periódico. p. 1-25. Consultado 6 set. 2018. Disponible en <http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2011/LP%2000013/DVD1/VOLUMEN%20VI/Inf.%20Mant%20Rutinario%20y%20Periodico.pdf>.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). 2011. Estudio definitivo del proyecto de Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Río Seco – El Ahorcado – Sayán. Informe Final – Volumen N° 6: Informe de Mantenimiento Rutinario y Periódico. p. 1-81. Consultado 23 ago. 2018. Disponible en <http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2012/LPI001/MEMORIA%20DESCRIPTIVA%20RESUMEN%20EJECUTIVO%20DEL%20PROYECTO%20N.5.pdf>.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). 2013. Manual de Carreteras, Conservación Vial - Volumen N°1 y Volumen N°2. p. 1-231 y p. 233-960. Consultado 5 ago. 2018. Disponible en http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4877.pdf.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). 2013. Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos. Capítulo III, Capítulo VI, Capítulo VII, Capítulo X, Capítulo XII y Capítulo XIV. p. 19-25, p. 71-88, p. 89-96, p. 129-134, p. 135-146 y p. 259-304. Consultado 17 set. 2018. Disponible en http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). 2014. Manual de Carreteras, Diseño Geométrico DG-2014. Anexo I: Guía de Contenido de los Estudios Definitivos de Carreteras. p. 317-328. Consultado 6 ago. 2018. Disponible en http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3580.pdf.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). 2018. Construcción de Infraestructura de Transporte Urbano: Como Vía Expresa e Intercambios Viales. p. 4-43. Consultado 10 set. 2018. Disponible en <http://portal.mtc.gob.pe/transportes/socioambientales/guiasymanuales.html>.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). 2009. Norma Técnica de Metrados para Obras de Edificación y Habilitaciones Urbanas. p. 3-156. Consultado 1 oct. 2018. Disponible en <http://www.ddbexpress.com/downloads/Norma%20Tecnica%20METRADOS.pdf>.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). 2010. Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), Norma CE.010: Pavimentos Urbanos. p. 3-73. Consultado 7 set. 2018. Disponible en http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/norma_010_%20pavimentos_urbanos.pdf.
- Montejo, A. 2002. Ingeniería de pavimentos. Ed (3ra). Bogotá, CO. Ed. Universidad Católica de Colombia. P 4-5.
- Muñoz, Pablo (2012). “Estudio del Comportamiento Térmico de Pavimentos de Mezcla Bituminosa y Análisis de un Colector Solar Asfáltico Multicapa”. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad de Cantabria.

- Muñoz et al. (2013). Captación de energía en carretera: colectores solares asfálticos. Madrid (España). P. 1-65.
- Pinto Arroyo, Santiago. 2007. “*Valoración de Impactos Ambientales. INERCO*”. Sevilla.
- Quispe Sinca, Marco. 2007. “Tesis EIA en Vías Terrestres, estudio de caso: Tramo San Marcos – Huari, Vía: Catac – Huari – Pomabamba”. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Universidad Ricardo Palma. Lima.
- Rengifo Arakaki, Kimiko Katherine Harumi. 2014. “Diseño de los Pavimentos de la Nueva Carretera Panamericana Norte en el Tramo de Huacho a Pativilca (Km 188 a 189)”. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil. Perú.
- Rico, A.; Del Castillo, H. 1999. La ingeniería de suelos en las vías terrestres. S.e. Limusa, MX. S.e. Volumen 2. p. 99.
- Torres Zirión, Rafael Alejandro. 2007. “Análisis Comparativo de Costos entre el Pavimento Flexible y el Pavimento Rígido”. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Guatemala.
- Urrutia Cáceres, Ignacio. 2009. “El impacto ambiental no previsto en el marco del sistema de evaluación del impacto ambiental”. Tesis para optar el grado de Magister. Santiago – Chile.
- Vásquez Pérez, Sandy Fiorella. 2018. “Diagnóstico del Consumo y Demanda de Agua Potable en el Campus de la UNALM y Propuestas de Cobertura”. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrícola. Perú.
- Vera Mella, Nelson. 2005. “Atlas climático de irradiación solar a partir de Imágenes del Satélite NOAA. Aplicación a la Península Ibérica”. Tesis Doctoral. Cap. 6 Albedo.

VIII. ANEXOS

ANEXO N° 01: PANEL FOTOGRÁFICO.



Figura N° 27: Registro de temperatura en pavimentos asfálticos (Sub-zona 3) a las 4:30 pm, al interior del campus.



Figura N° 28: Registro de temperatura en pavimentos asfálticos (Sub-zona 1) a las 12:30 pm, al interior del campus.



Figura N° 29: Registro de temperatura en pavimentos asfálticos (Sub-zona 4) a las 12:30 pm, al interior del campus.



Figura N° 30: Registro de temperatura en pavimentos asfálticos (sub-zona 4), con presencia de sombra.



Figura N° 31: Registro de temperatura en pavimentos asfálticos. Presencia de nubes (día nublado).

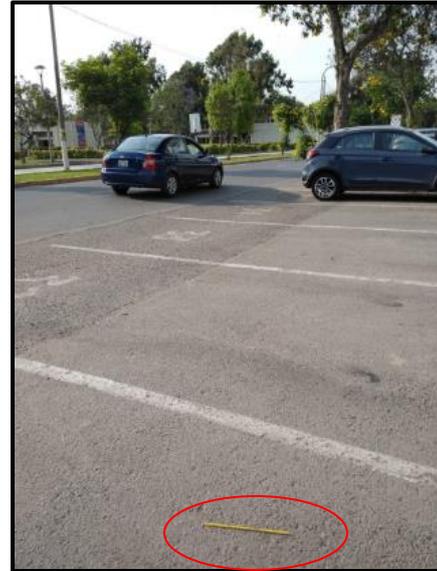


Figura N° 32: Registro de temperatura en pavimentos asfálticos (Sub-zona 2) a las 4:30 pm, al interior del campus.



Figura N° 33: Registro de temperatura en pavimentos asfálticos (Sub-zona 3). Presencia solar (día soleado).



Figura N° 34: Registro de temperatura en pavimentos de losas de concreto (Sub-zona A) a las 9:30 am, al exterior del campus.



Figura N° 35: Registro de temperatura en pavimentos de losas de concreto (Sub-zona A) a las 12:30 pm. Día nublado.



Figura N° 36: Registro de temperatura en pavimentos de losas de concreto (Sub-zona A) a las 4:30 pm, al exterior del campus.



Figura N° 37: Registro de temperatura en pavimentos de losas de concreto (Sub-zona B), al exterior del campus. Se observa áreas afectadas por riego de jardines públicos.

ANEXO N° 02: ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS.

PERFIL ESTRATÉGICO (INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA)

Solicitante:		OFICINA DE INFRAESTRUCTURA FÍSICA –OIF			
Proyecto:	REPARACION DE PISTA Y REPARACION DE VEREDA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA EN LA LOCALIDAD LA MOLINA, DISTRITO DE LA MOLINA, PROVINCIA LIMA, DEPARTAMENTO LIMA	Elaboró:		José Avila C	
		Revisó:		José Avila C	
		Técnico:		Giancarlo Avila A	
Ubicación	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA	Fecha:		noviembre-17	
Registro de Calicata					
Calicata:	C - 1			Nivel terreno	-
Exploración:	Pozo a Cielo Abierto	Prof. De Sondeo:	1.50 m	Nivel Freático	no se encontró
Prof. (m)	Muestra	Descripción del Estrato	Clasificación		
			SUCS	AASHTO	
0.00			R		
-0.15		Capa de afirmado y finos cohesivos			
-0.65	M-1	Estrato de suelo Arena limoso con predominancia de Arena y escasa grava, Arena en un 47.12 % (2.47% de Arena Gruesa, 8.22% de Arena media y 36.43% de Arena fina), Grava fina 3.81% y finos pasantes la malla N° 200 un 49.07% con un contenido de humedad de 7.42% con LL de 18.55, LP de 16.98% y un IP de 1.57.	SM	A - 4 (3)	
-0.90	M-2	Estrato de suelo Arena pobremente gradada con limo donde predomina la Arena en un 90.48%, Grava fina en un 2.39% y finos pasantes la malla N° 200 un 7.13% con un contenido de humedad de 1.41% con LL y LP "NP".	SP-SM	A - 3 (0)	
1.50		Estrato de suelo Arena limosa donde predomina la Arena en un 49.16%, Grava en un 11.53% y finos pasantes la malla N° 200 un 39.31% con un contenido de humedad de 8.11% con LL de 21.85%, LP en un 19.23% y un IP de 2.62%.	SM	A - 4 (1)	

PERFIL ESTRATÉGICO (INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA)

Solicitante:		OFICINA DE INFRAESTRUCTURA FÍSICA –OIF			
Proyecto:	REPARACION DE PISTA Y REPARACION DE VEREDA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA EN LA LOCALIDAD LA MOLINA, DISTRITO DE LA MOLINA, PROVINCIA LIMA, DEPARTAMENTO LIMA	Elaboró:		José Avila C	
		Revisó:		José Avila C	
		Técnico:		Giancarlo Avila A.	
Ubicación	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA	Fecha:		noviembre-17	
Registro de Calicata					
Calicata	C - 2			Nivel terreno	-
Exploración	Pozo a Cielo Abierto	Prof. De Sondeo:	1.70 m	Nivel Freático	no se encontró
Prof.(m)	Muestra	Descripción del Estrato	Clasificación		
			SUCS	AASHTO	
0.00					
-0.10		<i>Capa de afirmado y finos cohesivos</i>			
-1.00	M-1	<i>Estrato de suelo Arena limosa, predomina la Arena y escasa grava, Arena en un 66.31 % (0.90% de Arena Gruesa, 7.47% de Arena media y 57.94% de Arena fina), Grava fina 0.19% y finos pasantes la malla N° 200 un 33.50% con un contenido de humedad de 4.53% con LL de 8.12, LP de 7.69% y un IP de 0.42.</i>	SM	A - 2-4 (0)	
-1.40	M-2	<i>Estrato de suelo limo arenoso de baja plasticidad donde predomina los finos pasantes la malla N° 200 un 52.48%, la Arena en un 47.52%, con un contenido de humedad de 16.43% con LL de 20.23%, LP 20.0% y un IP de 0.23%.</i>	ML	A - 4 (3)	
-1.70		<i>Estrato de suelo Arena limosa donde predomina la Arena en un 67.10% y finos pasantes la malla N° 200 un 32.90% con un contenido de humedad de 5.78% con LL de 17.69%, LP en un 16.67% y un IP de 1.03%.</i>	SM	A - 2-4 (0)	

PERFIL ESTRATÉGICO (INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA)

Solicitante:		OFICINA DE INFRAESTRUCTURA FÍSICA –OIF			
Proyecto:	REPARACION DE PISTA Y REPARACION DE VEREDA EN LA UNVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA EN LA LOCALIDAD LA MOLINA, DISTRITO DE LA MOLINA, PROVINCIA LIMA, DEPARTAMENTO LIMA	Elaboró:		José Avila C	
		Revisó:		José Avila C	
		Técnico:		Giancarlo Avila A.	
Ubicación	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA	Fecha:		noviembre-17	
Registro de Calicata					
Calicata	C - 3			Nivel terreno	-
Exploración	Pozo a Cielo Abierto	Prof. De Sondeo:	3.20 m	Nivel Freático	no se encontró
Prof.(m)	Muestra	Descripción del Estrato	Clasificación		
			SUCS	AASHTO	
0.00					
-0.20		<i>Capa de tierra de chacra con raices y desmonte</i>			
-2.00	M-1	<i>Estrato de suelo Arena limosa, predomina la Arena y escasa grava, Arena en un 59.39 % (1.48% de Arena Gruesa, 15.58% de Arena media y 42.32% de Arena fina), Grava fina 0.82% y finos pasantes la malla N° 200 un 39.79% con un contenido de humedad de 6.30% con LL de 21.85%, LP de 19.23% y un IP de 2.62%..</i>	SM	A - 4 (1)	
-2.80	M-2	<i>Estrato de suelo limo de baja plasticidad donde predomina los finos pasantes la malla N° 200 un 90.37%, la Arena en un 9.63%, con un contenido de humedad de 19.77% con LL de 33.17%, LP 26.67% y un IP de 6.51%.</i>	ML	-15	
-3.20		<i>Estrato de suelo Arena limosa donde predomina la Arena en un 56.83% y finos pasantes la malla N° 200 un 43.17% con un contenido de humedad de 8.57% con LL de 21.85%, LP en un 19.23% y un IP de 2.63%.</i>	SM	A - 4 (2)	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ENSAYOS DE LABORATORIO)

PROYECTO : "REPARACION DE PISTA Y REPARACION DE VEREDA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA EN LA LOCALIDAD LA MOLINA, DISTRITO DE LA MOLINA, PROVINCIA LIMA, DEPARTAMENTO LIMA"

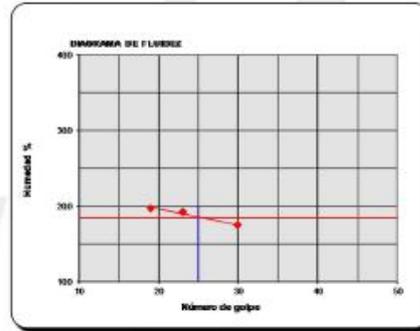
SOLICITADO : OFICINA DE INFRAESTRUCTURA FÍSICA-OIF
UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

ARCHIVO N°: C-1 M-1
REALIZADO: Ing. Jose P. Avila Cáceres.
REVISADO: Ing. Jose P. Avila Cáceres.
FECHA: Noviembre del 2017

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION: (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

Calicata		C-1
Muestra		M-1
Profundidad (m)		0.15-0.65
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Malla	
	N°	Abertura (mm)
	3"	76.200
	2"	50.800
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.000
	1/2"	12.700
	3/8"	9.500
	1/4"	6.350
	N° 4	4.760
	N° 8	2.300
	N° 10	2.000
	N° 16	1.190
	N° 20	0.840
	N° 30	0.590
	N° 40	0.420
	N° 50	0.297
	N° 60	0.250
	N° 80	0.177
N° 100	0.149	
N° 140	0.105	
N° 200	0.074	
Contenido de Humedad (%)		7.42
Límite Líquido (LL) (%)		18.55
Límite Plástico (LP) (%)		16.54
Índice Plástico (IP) (%)		2.01
Clasificación (S.U.C.S.)		SM
Clasificación (AASHTO)		A-4
Índice de Grupo		3
Nombre de grupo		Arena limosa

% Grava	GG%	0.00	3.81
	GF%	3.81	
% Arena	AG%	2.47	47.12
	AM%	8.22	
	AF%	36.43	
% Finos		49.07	



Archivo: Clasificacion/Reporte

Descripción (AASHTO)

REG-MALO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ENSAYOS DE LABORATORIO)

PROYECTO : "REPARACION DE PISTA Y REPARACION DE VEREDA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA EN LA LOCALIDAD LA MOLINA, DISTRITO DE LA MOLINA, PROVINCIA LIMA, DEPARTAMENTO LIMA"

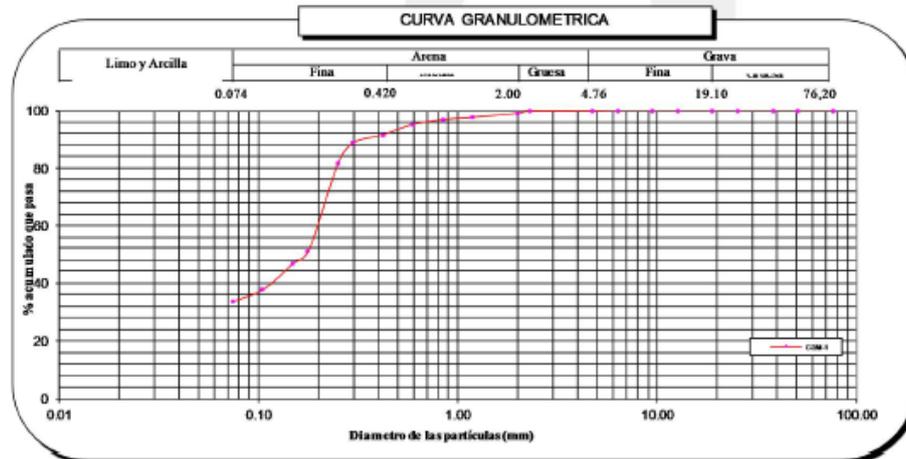
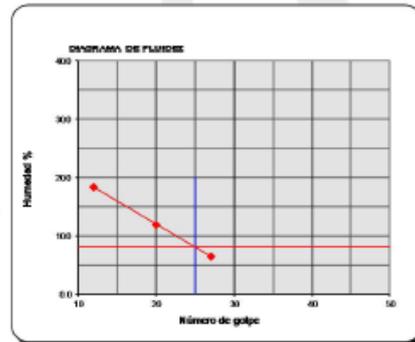
SOLICITADO : OFICINA DE INFRAESTRUCTURA FÍSICA-OIF
UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

ARCHIVO N°: C-2 M-1
REALIZADO : Ing. Jose P. Avila Cáceres.
REVISADO : Ing. Jose P. Avila Cáceres.
FECHA : Noviembre del 2017

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION: (ASIM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

Calicata	C-2		
Muestra	M-1		
Profundidad (m)	0.10-1.00		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Malla		
	N°	Abertura (mm)	
	3 "	76.200	100.00
	2 "	50.800	100.00
	1 1/2 "	38.100	100.00
	1 "	25.400	100.00
	3/4"	19.000	100.00
	1/2"	12.700	100.00
	3/8"	9.500	100.00
	1/4"	6.350	100.00
	N° 4	4.760	99.81
	N° 8	2.300	99.65
	N° 10	2.000	98.91
	N° 16	1.190	97.50
	N° 20	0.840	96.68
	N° 30	0.590	94.99
	N° 40	0.420	91.44
	N° 50	0.297	88.62
	N° 60	0.250	81.61
	N° 80	0.177	50.75
	N° 100	0.149	46.63
	N° 140	0.105	37.56
	N° 200	0.074	33.50
Contenido de Humedad		(%) 4.53	
Límite Líquido (LL)		(%) 8.12	
Límite Plástico (LP)		(%) 7.69	
Índice Plástico (IP)		(%) 0.42	
Clasificación (S.U.C.S.)		SM	
Clasificación (AASHTO)		A-2-4	
Índice de Grupo		0	
Nombre de grupo Arena limosa			

% Grava	GG%	0.00	0.19
	GF%	0.19	
% Arena	AG%	0.90	66.31
	AM%	7.47	
	AF%	57.94	
% Finos		33.50	



Archivo: Clasificación/Reporte

Descripción (AASHTO)

BUENO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ENSAYOS DE LABORATORIO)

PROYECTO : "REPARACION DE PISTA Y REPARACION DE VEREDA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA EN LA LOCALIDAD LA MOLINA, DISTRITO DE LA MOLINA, PROVINCIA LIMA, DEPARTAMENTO LIMA"

SOLICITADO : OFICINA DE INFRAESTRUCTURA FÍSICA-OIF
UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

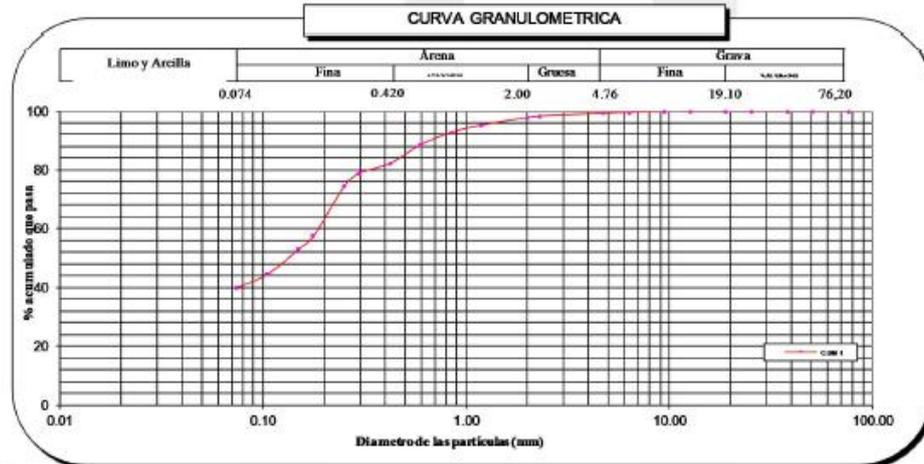
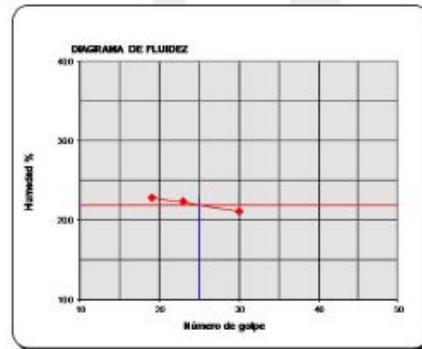
ARCHIVO N°: C-3 M-1
REALIZADO : Ing. Jose P. Avila Cáceres.
REVISADO : Ing. Jose P. Avila Cáceres.
FECHA : Noviembre del 2017

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION: (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

Calicata	C-3	
Muestra	M-1	
Profundidad (m)	0.20 2.00	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Malla	
	N°	Abertura (mm)
	3"	76.200
	2"	50.800
	1 1/2"	38.100
	1"	25.400
	3/4"	19.000
	1/2"	12.700
	3/8"	9.500
	1/4"	6.350
	N° 4	4.760
	N° 8	2.300
	N° 10	2.000
	N° 16	1.190
	N° 20	0.840
	N° 30	0.590
	N° 40	0.420
	N° 50	0.297
	N° 60	0.250
	N° 80	0.177
	N° 100	0.149
N° 140	0.105	
N° 200	0.074	
Contenido de Humedad	(%)	6.30
Límite Líquido (LL)	(%)	21.85
Límite Plástico (LP)	(%)	19.23
Índice Plástico (IP)	(%)	2.62
Clasificación (S.U.C.S.)	SM	
Clasificación (AASHTO)	A-4	
Índice de Grupo	1	

Nombre de grupo **Arena limosa**

% Grava	GG%	0.00	0.82
	GF%	0.82	
% Arena	AG%	1.48	59.39
	AM%	15.58	
	AF%	42.32	
% Finos			39.79



Archivo: Clasificacion/Reporte

Descripción (AASHTO)

REG-MALO

CÁLCULO DE CALIFORNIA BEARING RATIO “CBR” (ENSAYOS DE LABORATORIO)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)			
PROYECTO	REPARACION DE PISTA Y REPARACION DE VEREDA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA EN LA LOCALIDAD LA MOLINA, DISTRITO DE LA MOLINA, PROVINCIA LIMA, DEPARTAMENTO LIMA	AASHTO	A-4-3
UBICACION	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA	SUCS	SM
ENSAYADO	ING. JOSE AVILA CACERES	MUESTRA	C-1/M-1
REVISADO	ING. JOSE AVILA CACERES	FECHA	NOVIEMBRE 2017

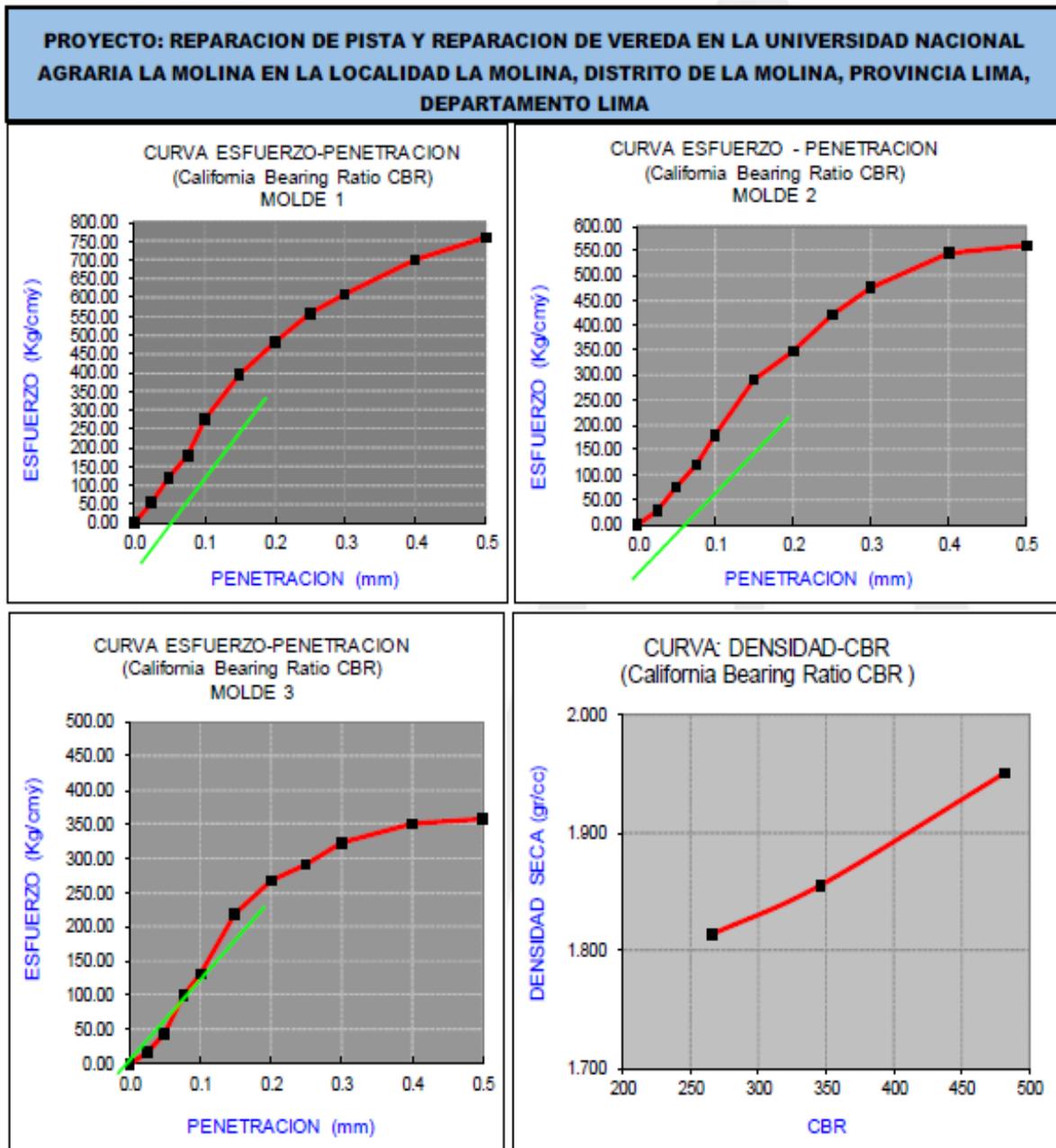
COMPACTACION C B R

MOLDE	1		2		3				
Altura Molde mm.	124		124		124				
N° Capas	5		5		5				
N°Golp x Capa	56		25		10				
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES		ANTES DE EMPAPAR		DESPUES		
P. Húm.+ Molde	13195.00	13264.08	12980.00	13065.17	12880.00	12969.64			
Peso Molde (gr)	8580.00	8580.00	8580.00	8580.00	8580.00	8580.00			
Peso Húmedo (gr)	4615.00	4684.08	4400.00	4485.17	4300.00	4389.64			
Vol. Molde (cc)	2177.00	2177.00	2177.00	2177.00	2177.00	2177.00			
Densidad H.(gr/cc)	2.12	2.15	2.02	2.06	1.98	2.02			
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
P.Húmedo + Tara	146.80	142.40	145.90	135.54	139.80	142.40	152.13	157.80	162.00
Peso Seco + Tara	137.90	133.70	135.50	127.20	131.30	131.70	142.40	147.80	149.60
Peso Agua (gr)	8.90	8.70	10.40	8.34	8.50	10.70	9.73	10.00	12.40
Peso Tara (gr)	35.10	34.20	34.80	36.00	33.10	34.50	32.80	34.50	38.10
P. Muestra Seca	102.80	99.50	100.70	91.20	98.20	97.20	109.60	113.30	111.50
Cont. Humedad	8.66%	8.74%	10.33%	9.14%	8.66%	11.01%	8.88%	8.83%	11.12%
Cont.Hum.Prom.	8.70%		10.33%	8.90%		11.01%	8.85%		11.12%
DENSIDAD SECA	1.95		1.95	1.86		1.86	1.81		1.81

ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(m m)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.640	0.025		50.70		26.70		14.70
1.27	0.050		118.80		74.70		42.70
1.91	0.075		178.70		118.80		98.70
2.54	0.100	1000	274.60	1000	178.70	1000	130.75
3.81	0.150		394.30		290.60		218.70
5.08	0.200	1500	481.90	1500	346.40	1500	266.62
6.35	0.250		557.50		422.10		290.60
7.62	0.300	1900	609.10	1900	473.90	1900	322.50
10.16	0.400	2300	700.40	2300	545.50	2300	350.40
12.70	0.500	2600	759.90	2600	561.40	2600	358.40

CÁLCULO DE CALIFORNIA BEARING RATIO “CBR” (ENSAYOS DE LABORATORIO)



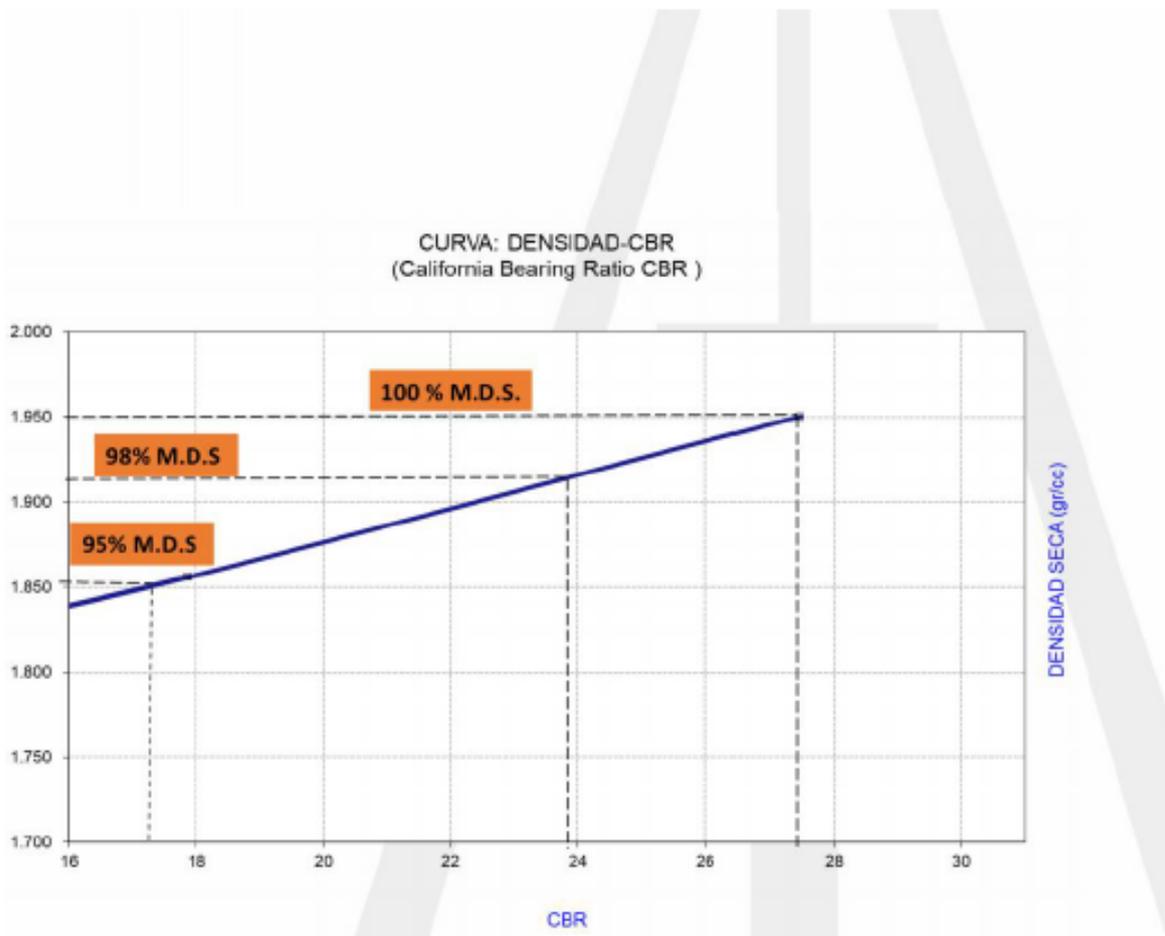
CÁLCULO DE CALIFORNIA BEARING RATIO “CBR” (ENSAYOS DE LABORATORIO)

PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	274.60	481.90
MOLDE 2	178.70	346.40
MOLDE 3	130.753	266.618

	DENS	0.1	0.2	CBR	CBR
MOLDE 1	1.950	274.60	481.90	481.90	27
MOLDE 2	1.856	178.70	346.40	346.40	18
MOLDE 3	1.815	130.75	266.62	266.62	13

(*) Valores Corregidos

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. =	27.20 %
C.B.R. Para el 98% de la M.D.S. =	23.90 %
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. =	17.20%



CÁLCULO DE CALIFORNIA BEARING RATIO "CBR" (ENSAYOS DE LABORATORIO)

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)			
PROYECTO	REPARACION DE PISTA Y REPARACION DE VEREDA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA EN LA LOCALIDAD LA MOLINA, DISTRITO DE LA MOLINA, PROVINCIA LIMA, DEPARTAMENTO LIMA	AASHTO	A-2-4
UBICACION	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA	SUCS	SM
ENSAYADO	ING. JOSE AVILA CACERES	MUESTRA	C-2/M-1
REVISADO	ING. JOSE AVILA CACERES	FECHA	NOVIEMBRE 2017

COMPACTACION C B R

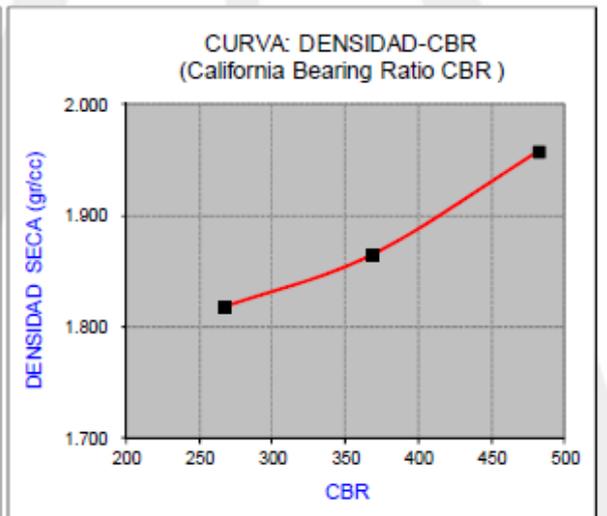
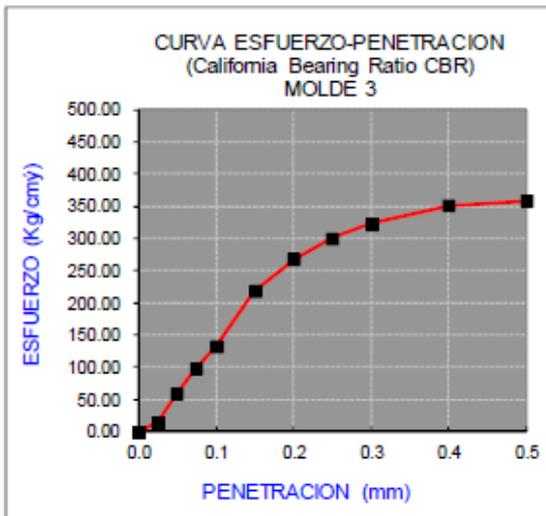
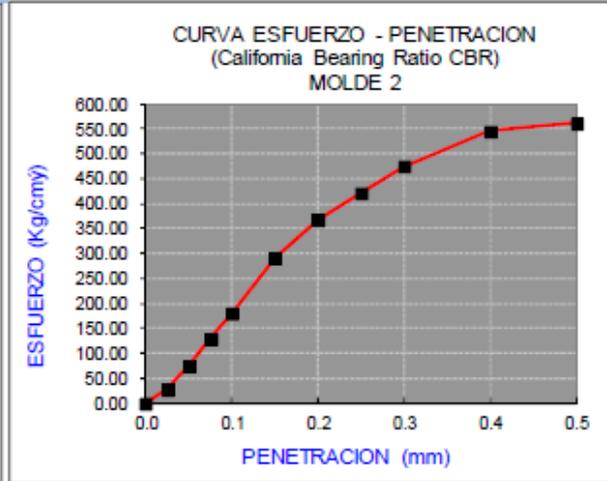
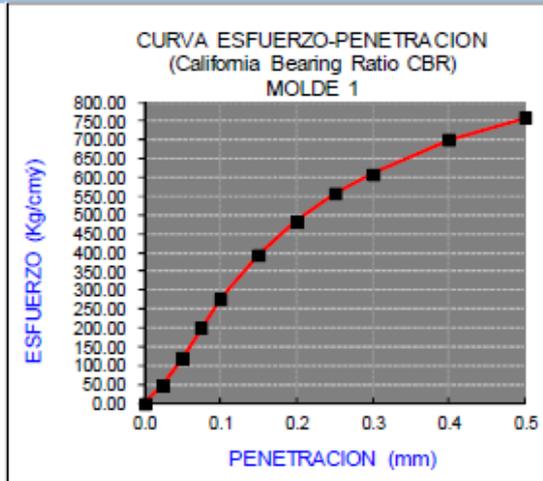
MOLDE	1		2		3				
	Altura Molde mm.	124		124		124			
N° Capas	5		5		5				
N°Golg x Capa	56		25		10				
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES			
P. Húm.+ Molde	13210.00	13240.35	12982.00	13111.66	12876.00	12942.54			
Peso Molde (gr)	8580.00	8580.00	8580.00	8580.00	8580.00	8580.00			
Peso Húmedo (gr)	4630.00	4660.35	4402.00	4531.66	4296.00	4362.54			
Vol. Molde (cc)	2177.00	2177.00	2177.00	2177.00	2177.00	2177.00			
Densidad H.(gr/cc)	2.13	2.14	2.02	2.08	1.97	2.00			
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
P.Húmedo + Tara	145.40	143.60	144.90	137.10	137.20	143.00	152.13	157.10	161.00
Peso Seco + Tara	137.90	133.70	135.50	127.20	131.30	131.70	142.40	147.80	149.60
Peso Agua (gr)	7.50	9.90	9.40	9.90	5.90	11.30	9.73	9.30	11.40
Peso Tara (gr)	35.10	34.20	34.80	36.00	33.10	34.50	32.80	34.50	38.10
P. Muestra Seca	102.80	99.50	100.70	91.20	98.20	97.20	109.60	113.30	111.50
Cont. Humedad	7.30%	9.95%	9.33%	10.86%	6.01%	11.63%	8.88%	8.21%	10.22%
Cont.Hum.Prom.		8.62%	9.33%		8.43%	11.63%		8.54%	10.22%
DENSIDAD SECA		1.96	1.96		1.86	1.86		1.82	1.82

ENSAYO CARGA - PENETRACION

PENETRACION		MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
(m m)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO	CARGA	ESFUERZO
0.00	0.000	0	0.00	0	0.00	0	0.00
0.640	0.025		50.20		27.10		15.20
1.27	0.050		118.80		74.70		59.20
1.91	0.075		198.00		128.80		98.70
2.54	0.100	1000	276.20	1000	179.80	1000	131.80
3.81	0.150		394.30		290.60		218.70
5.08	0.200	1500	482.30	1500	368.10	1500	267.30
6.35	0.250		557.50		422.10		300.00
7.62	0.300	1900	609.10	1900	473.90	1900	322.50
10.16	0.400	2300	700.40	2300	545.50	2300	350.40
12.70	0.500	2600	759.90	2600	561.40	2600	358.40

CÁLCULO DE CALIFORNIA BEARING RATIO “CBR” (ENSAYOS DE LABORATORIO)

PROYECTO: REPARACION DE PISTA Y REPARACION DE VEREDA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA EN LA LOCALIDAD LA MOLINA, DISTRITO DE LA MOLINA, PROVINCIA LIMA, DEPARTAMENTO LIMA



CÁLCULO DE CALIFORNIA BEARING RATIO “CBR” (ENSAYOS DE LABORATORIO)

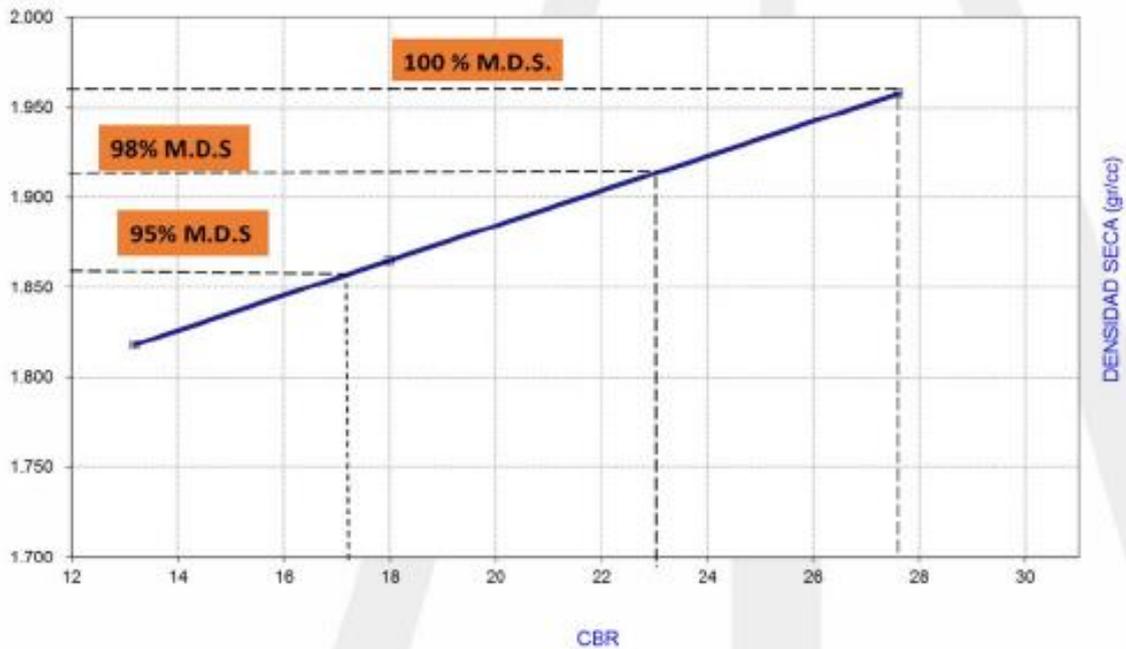
PENTRC.	0.1 (*)	0.2 (*)
MOLDE 1	276.20	482.30
MOLDE 2	179.80	368.10
MOLDE 3	131.800	267.300

	DENS	0.1	0.2	CBR	CBR
MOLDE 1	1.958	276.20	482.30	482.30	28
MOLDE 2	1.865	179.80	368.10	368.10	18
MOLDE 3	1.818	131.80	267.30	267.30	13

(*) Valores Corregidos

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. =	27.60 %
C.B.R. Para el 98% de la M.D.S. =	25.00 %
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. =	17.40 %

CURVA: DENSIDAD-CBR
(California Bearing Ratio CBR)



**ANEXO N° 03: DATOS METEOROLÓGICOS DE LA ESTACIÓN
VON HUMBOLDT.**

Datos de Temperatura promedio mensual.

Temp. Promedio (°C)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.38	18.71	21.78
2014	23.96	23.23	23.48	20.49	22.45	18.46	15.70	15.55	15.79	17.17	18.67	20.10
2015	21.84	24.20	24.07	22.07	18.92	19.37	17.38	16.79	17.63	18.55	18.87	20.78
2016	23.36	25.19	25.15	22.50	19.61	16.81	16.44	15.91	16.71	17.77	19.25	21.27
2017	24.61	25.42	25.48	22.47	20.07	17.49	16.76	15.71	15.65	17.02	17.82	20.03
2018	22.52	23.80	22.87	21.84	18.59	15.74	15.73	15.46	16.31	17.83	19.25	21.09

Datos de Temperatura máxima promedio mensual.

Temp. Máxima (°C)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.20	21.99	25.96
2014	28.22	28.79	28.96	25.03	23.79	21.30	18.44	19.10	19.46	21.76	22.57	24.61
2015	26.54	29.03	29.51	27.18	24.66	22.83	20.59	20.25	21.55	22.77	22.87	25.08
2016	28.10	30.17	30.66	28.16	25.65	20.99	19.44	19.28	20.62	21.95	24.59	26.80
2017	29.31	30.69	30.43	27.64	23.94	20.61	20.28	19.44	19.42	22.50	23.08	24.41
2018	27.50	28.63	28.37	27.43	23.83	17.95	18.50	18.81	20.56	27.98	27.90	27.55

Datos de Temperatura mínima promedio mensual.

Temp. Mínima (°C)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.49	15.33	22.93
2014	20.01	18.85	19.38	16.71	20.58	16.71	14.35	13.55	13.86	14.37	15.90	17.01
2015	18.54	20.40	20.12	18.32	17.19	16.91	15.69	14.75	15.34	16.16	16.64	17.97
2016	19.79	21.55	20.58	18.60	15.69	14.18	14.62	13.87	14.49	14.97	14.72	17.21
2017	21.01	21.25	21.67	18.76	17.54	15.59	14.47	13.64	13.56	13.77	14.50	16.64
2018	18.66	19.75	19.00	17.55	15.14	14.05	13.98	13.71	13.84	14.98	15.61	17.14

Datos de precipitación mensual y anual.

Precipitación (mm)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Pp. Anual
2013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.60	0.30	0.90
2014	1.80	3.90	0.90	0.60	0.00	1.70	4.20	4.20	5.10	1.20	0.70	0.50	24.80
2015	3.10	1.30	6.00	3.10	1.00	-	1.60	1.50	3.70	2.00	2.70	1.80	27.80
2016	2.70	5.40	0.00	-	3.00	1.80	2.60	4.80	1.00	-	0.00	-	21.30
2017	4.00	3.00	5.00	0.90	2.10	2.50	1.10	3.90	4.60	0.30	0.30	-	27.70
2018	1.20	3.10	0.40	2.50	0.60	5.70	7.80	2.30	1.10	-	0.7	0.3	25.70

**ANEXO N° 04: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA
PAVIMENTOS FLEXIBLES DURANTE EL PROCESO
CONSTRUCTIVO.**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES
DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO**

Partida N° 01.01.: Perfilado y Compactado de Subrasante.

Partida	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,200.0000	EQ. 1,200.0000	Costo unitario directo por : m2		3.52
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0067	26.23	0.18
04	PEON	hh	4.0000	0.0267	15.78	0.43
						0.61
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.61	0.04
0002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101- 135 HP 10-12 ton	hm	1.0000	0.0067	175.92	1.18
0003	MOTONIVELADORA 125 HP	hm	1.0000	0.0067	182.92	1.22
0004	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 122 HP 1500 GL	hm	0.5000	0.0033	139.39	0.47
						2.91

Partida N° 01.02.: Sub-base Granular E=0.32 m c/Equipo.

Partida	SUB-BASE GRANULAR E=0.32 M C/EQUIPO					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 900.0000	EQ. 900.0000	Costo unitario directo por : m2		30.65
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0089	26.23	0.24
03	OFICIAL	hh	1.0000	0.0089	17.51	0.16
04	PEON	hh	4.0000	0.0356	15.78	0.57
						0.97
Materiales						
001	AFIRMADO PUESTO EN OBRA	m3		0.3424	73.56	25.19
						25.19
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.97	0.05
0002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101- 135 HP 10-12 ton	hm	1.0000	0.0089	175.92	1.57
0003	MOTONIVELADORA 125 HP	hm	1.0000	0.0089	182.92	1.63
0004	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 122 HP 1500 GL	hm	1.0000	0.0089	139.39	1.24
						4.49

Partida N° 01.03.: Base Granular E=0.20 m c/Equipo.

Partida	01.03.	BASE GRANULAR E=0.20 M C/EQUIPO				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 900.0000	EQ. 900.0000	Costo unitario directo por : m2		22.95
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0089	26.23	0.24
03	OFICIAL	hh	1.0000	0.0089	17.51	0.16
04	PEON	hh	4.0000	0.0356	15.78	0.57
						0.97
Materiales						
002	AFIRMADO PUESTO EN OBRA	m3		0.2140	81.72	17.49
						17.49
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.97	0.05
0002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10-12 ton	hm	1.0000	0.0089	175.92	1.57
0003	MOTONIVELADORA 125 HP	hm	1.0000	0.0089	182.92	1.63
0004	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 122 HP 1500 GL	hm	1.0000	0.0089	139.39	1.24
						4.49

Partida N° 01.04.: Imprimación Asfáltica.

Partida	01.04.	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 2,000.0000	EQ. 2,000.0000	Costo unitario directo por : m2		3.35
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0040	26.23	0.11
03	OFICIAL	hh	1.0000	0.0040	17.51	0.08
04	PEON	hh	2.0000	0.0080	15.78	0.13
						0.32
Materiales						
003	ASFALTO DILUIDO TIPO MC-30	gal		0.2906	7.97	2.32
						2.32
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.32	0.02
0005	CAMION IMPRIMADOR DE 210 HP 2000 GL	hm	1.0000	0.0040	171.57	0.69
						0.71

Partida N° 01.05.: Carpeta Asfáltica E=2 pulgadas.

Partida	01.05. CARPETA ASFALTICA E = 2"					
Rendimient	m2/DIA	MO. 4,200.0000	EQ. 4,200.0000	Costo unitario directo por :	m2	31.77
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0019	26.23	0.05
02	OPERARIO	hh	2.0000	0.0038	21.86	0.09
04	PEON	hh	8.0000	0.0152	15.78	0.25
						0.39
Materiales						
004	MEZCLA ASFALTICA EN CAUENTE PUESTA EN OBRA	m3		0.0544	557.28	30.30
						30.30
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.39	0.02
0006	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 81-100HP 5.5-20 ton	hm	1.0000	0.0019	143.67	0.28
0002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101- 135 HP 10-12 ton	hm	1.0000	0.0019	175.92	0.34
0007	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 105 HP 12 ton	hm	1.0000	0.0019	175.47	0.34
						0.98
Subpartidas						
00001	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA	m3		0.0508	1.92	0.10
						0.10

Sub-Partida N° 00001: Transporte de Mezcla Asfáltica.

SubPartida	00001 Transporte de Mezcla Asfáltica					
Rendimient	m3/DIA	MO. 1,000.0000	EQ. 1,000.0000	Costo unitario directo por :	m3	1.92
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0008	26.23	0.03
						0.03
Equipos						
0008	CAMION VOLQUETE 4X2	hm	1.0000	0.0080	235.92	1.89
						1.89

**ANEXO N° 05: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA
PAVIMENTOS RÍGIDOS DURANTE EL PROCESO
CONSTRUCTIVO.**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS
DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO**

Partida N° 02.01.: Perfilado y compactado de subrasante.

Partida	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE					
Rendimieb	m2/DIA	MO. 1,200.0000	EQ. 1,200.0000	Costo unitario directo por : m2		3.52
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0067	26.23	0.18
04	PEON	hh	4.0000	0.0267	15.78	0.43
						0.61
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.61	0.04
0002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10-12 ton	hm	1.0000	0.0067	175.92	1.18
0003	MOTONIVELADORA 125 HP	hm	1.0000	0.0067	182.92	1.22
0004	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 122 HP 1500 GL	hm	0.5000	0.0033	139.39	0.47
						2.91

Partida N° 02.02.: Sub-base granular E=0.15 m c/Equipo.

Partida	SUB BASE GRANULAR E=0.15 M C/EQUIPO					
Rendimieb	m2/DIA	MO. 900.0000	EQ. 900.0000	Costo unitario directo por : m2		12.55
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0089	26.23	0.24
03	OFICIAL	hh	1.0000	0.0089	17.51	0.16
04	PEON	hh	4.0000	0.0356	15.78	0.57
						0.97
Materiales						
001	AFIRMADO PUESTO EN OBRA	m3		0.1605	44.14	7.09
						7.09
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.97	0.05
0002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10-12 ton	hm	1.0000	0.0089	175.92	1.57
0003	MOTONIVELADORA 125 HP	hm	1.0000	0.0089	182.92	1.63
0004	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 122 HP 1500 GL	hm	1.0000	0.0089	139.39	1.24
						4.49

Partida N° 02.03.: Encofrado y desencofrado de Losas.

Partida	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS					
02.03.						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 30.0000	EQ. 30.0000	Costo unitario directo por : m2		49.97
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	1.0000	0.2667	26.23	7.00
02	OPERARIO	hh	1.0000	0.2667	21.86	5.83
03	OFICIAL	hh	1.0000	0.2667	17.51	4.67
04	PEON	hh	2.0000	0.5333	15.78	8.42
						25.92
Materiales						
002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.2600	3.03	0.79
003	CLAVOS	kg		0.1200	3.57	0.43
004	MADERO TORNILLO	p2		3.5000	6.30	22.05
						23.27
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	25.92	0.78
						0.78

Partida N° 02.04.: Losa de concreto premezclado f'c=280 kg/cm2.

Partida	LOSA DE CONCRETO PREMEZCLADO F'C=280 KG/CM2					
02.04.						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 25.0000	EQ. 25.0000	Costo unitario directo por : m3		341.84
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	1.0000	0.3200	26.23	8.40
02	OPERARIO	hh	2.0000	0.6400	21.86	14.00
04	PEON	hh	8.0000	2.5600	15.78	40.40
						62.80
Materiales						
005	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=280 KG/CM2	m3		1.0500	259.00	271.95
						271.95
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	62.80	3.14
0005	VIBRADOR DE CONCRETO	hm	2.0000	0.6400	6.17	3.95
						7.09

Partida N° 02.05.: Acero longitudinal (barra de amarre).

Partida	02.05. ACERO LONGITUDINAL (BARRA DE AMARRE)					
Rendimient	kg/DIA	MO. 300.0000	EQ. 300.0000	Costo unitario directo por : kg	4.33	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0267	26.23	0.70
03	OFICIAL	hh	1.0000	0.0267	17.51	0.47
						1.17
Materiales						
006	ACERO CORRUGADO FY = 4200 kg/cm2 Grado 60 φ5/8"	kg		1.0700	2.90	3.10
						3.10
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.17	0.06
						0.06

Partida N° 02.06.: Acero transversal (pasajunta).

Partida	02.06. ACERO TRANSVERSAL (PASAJUNTA)					
Rendimient	kg/DIA	MO. 300.0000	EQ. 300.0000	Costo unitario directo por : kg	3.95	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0267	26.23	0.70
03	OFICIAL	hh	1.0000	0.0267	17.51	0.47
						1.17
Materiales						
007	ACERO DE CONSTRUCCION LISO A36 Φ1.1/4" L=0.50m	kg		1.1000	2.47	2.72
						2.72
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1.17	0.06
						0.06

Partida N° 02.07.: Acabado y texturizado de losa.

Partida	02.07. ACABADO Y TEXTURIZADO DE LOSA					
Rendimient	m2/DIA	MO. 1,000.0000	EQ. 1,000.0000	Costo unitario directo por : m2	0.66	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0080	26.23	0.21
03	OFICIAL	hh	1.0000	0.0080	17.51	0.15
04	PEON	hh	2.0000	0.0160	15.78	0.26
						0.62
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.62	0.04
						0.04

Partida N° 02.08.: Curado de losa de concreto.

Partida	CURADODE LOSA DE CONCRETO					
Rendimient	m2/DIA	MO. 1,000.0000	EQ. 1,000.0000	Costo unitario directo por : m2	1.76	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0080	26.23	0.21
03	OFICIAL	hh	1.0000	0.0080	17.51	0.15
						0.36
Materiales						
008	CURADOR SIKA ANTISOLS (20 L)	gln		0.0499	22.97	1.15
009	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0150	7.97	0.12
						1.27
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.36	0.02
0006	PULVERIZADOR A PRESION DE 16 LITROS	hm	1.0000	0.0080	12.62	0.11
						0.13

Partida N° 02.09.: Junta de construcción o contracción longitudinal.

Partida	JUNTA DE CONSTRUCCIÓN O CONTRACCIÓN LONGITUDINAL					
Rendimient	m/DIA	MO. 200.0000	EQ. 200.0000	Costo unitario directo por : m	17.96	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0400	26.23	1.05
02	OPERARIO	hh	1.0000	0.0400	21.86	0.88
03	OFICIAL	hh	2.0000	0.0800	17.51	1.41
						3.34
Materiales						
010	CORDON DE ESPUMA DE POLIURETANO DE 1/4" SELLADORES	m		1.0000	0.86	0.87
011	DISCO DE CORTE 3mm PARA CONCRETO	pza		0.0100	9.90	0.10
012	SELLO ELASTOMERICO A BASE DE SILICONA	gln		0.0455	264.35	12.02
						12.99
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	3.34	0.17
0007	SIERRA CIRCULAR DE 20V	hm	1.0000	0.0400	18.00	0.72
						0.89
Subpartidas						
00002	LIMPIEZA DE TERRENO	m2		0.3030	2.41	0.74
						0.74

Partida N° 02.10.: Junta de construcción o contracción transversal.

Partida	02.10.	JUNTA DE CONSTRUCCION O CONTRACCION TRANSVERSAL				
Rendimiento	m/DIA	MO. 150.0000	EQ. 150.0000	Costo unitario directo por : m		19.36
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0533	26.23	1.40
02	OPERARIO	hh	1.0000	0.0533	21.86	1.17
03	OFICIAL	hh	2.0000	0.1067	17.51	1.87
						4.44
Materiales						
010	CORDON DE ESPUMA DE POLIURETANO DE 1/4" SELLADORES	m		1.0000	0.86	0.87
011	DISCO DE CORTE 3mm PARA CONCRETO	pza		0.0100	9.90	0.10
012	SELLO ELASTOMERICO A BASE DE SILICONA	gln		0.0455	264.35	12.02
						12.99
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	4.44	0.23
0007	SIERRA CIRCULAR DE 20V	hm	1.0000	0.0533	18.00	0.96
						1.19
Subpartidas						
00002	LIMPIEZA DE TERRENO	m2		0.3030	2.41	0.74
						0.74

Sub-Partida N° 00002: Limpieza de Terreno.

SubPartida	00002	Limpieza de Terreno				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 120.0000	EQ. 120.0000	Costo unitario directo por : m2		2.41
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0067	26.23	0.18
04	PEON	hh	2.0000	0.1333	15.78	2.11
						2.29
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.29	0.12
						0.12

**ANEXO N° 06: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA
PAVIMENTOS FLEXIBLES EN LA ETAPA DE OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO.**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES EN LA
ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

Partida N° 01.01.: Sellado de Fisuras y Grietas (Mantenimiento Rutinario).

Partida	01.01. Mantenimiento: Sellado de Fisuras y Grietas					
Rendimient	m2/DIA	MO. 4,500.0000	EQ. 4,500.0000	Costo unitario directo por : m2		15.16
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0018	26.23	0.05
04	PEON	hh	3.0000	0.0053	15.78	0.09
						0.14
Materiales						
005	ARENA (PUESTO EN OBRA)	m3		0.0100	50.00	0.50
						0.50
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.14	0.01
0009	RODILLO LISO VIBRAT. MANUAL, 10.8 HP, 0.8 - 1.1 TON.	hm	1.0000	0.0018	38.60	0.07
						0.08
Subpartidas						
00002	LIMPIEZA DE TERRENO	m2		1.0000	10.41	10.41
00003	RIEGO DE LIGA	m2		1.0000	4.03	4.03
						14.44

Sub-Partida N° 00002: Limpieza de terreno.

SubPartida	00002 Limpieza de Terreno					
Rendimient	m2/DIA	MO. 120.0000	EQ. 120.0000	Costo unitario directo por : m2		10.41
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0067	26.23	0.18
04	PEON	hh	2.0000	0.1333	15.78	2.11
						2.29
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.29	0.07
0010	COMPRESOR NEUMATICO DE 93 HP (335-375 PCM)	hm	1.0000	0.0667	120.71	8.05
						8.12

Sub-Partida N° 00003: Riego de liga.

SubPartida	Riego de Liga					
00003						
Rendimient	m2/DIA	MO. 2,000.0000	EQ. 2,000.0000	Costo unitario directo por : m2	4.03	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	0.5000	0.0020	26.23	0.06
03	OFICIAL	hh	1.0000	0.0040	17.51	0.08
						0.14
Materiales						
006	ASFALTO LIQUIDO RC-250	gln		0.4888	7.33	3.59
						3.59
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.14	0.01
0011	COCINA DE ASFALTO 320 GLN	hm	1.0000	0.0040	70.29	0.29
						0.30

Partida N° 01.02.: Parchado Profundo (Mantenimiento Rutinario).

Partida	Mantenimiento: Parchado Profundo					
01.02.						
Rendimient	m2/DIA	MO. 4,200.0000	EQ. 4,200.0000	Costo unitario directo por : m2	71.77	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0019	26.23	0.05
02	OPERARIO	hh	1.0000	0.0019	21.86	0.05
04	PEON	hh	4.0000	0.0076	15.78	0.13
						0.23
Materiales						
004	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PUESTA EN OBRA	m3		0.0559	557.28	31.15
011	DISCO DE CORTE 3mm PARA CONCRETO	pza		0.0100	9.90	0.10
						31.25
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.23	0.01
0007	SIERRA CIRCULAR DE 20V	hm	1.0000	0.0019	18.00	0.04
0013	RODILLO LISO VIBRAT. AUTO. 70-100 HP, 7-9 TON.	hm	1.0000	0.0019	110.71	0.22
0012	CARGADOR FRONTAL S/LLANTAS 80-95 HP, 1.5-1.75 YD3.	hm	1.0000	0.0019	152.75	0.30
						0.57
Subpartidas						
00002	LIMPIEZA DE TERRENO	m2		1.0000	10.41	10.41
00006	BASE GRANULAR	m2		1.0000	23.52	23.52
00004	IMPRIMACION ASFALTICA	m2		1.0000	4.34	4.34
00007	TRANSPORTE DE REMOCION DE ASFALTO Y CAPAS GRANULARES	m3		0.7520	1.92	1.45
						39.72

Sub-partida N° 00002: Limpieza de terreno.

SubPartida	Limpieza de Terreno					
00002						
Rendimient	m2/DIA	MO. 120.0000	EQ. 120.0000	Costo unitario directo por : m2		10.41
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0067	26.23	0.18
04	PEON	hh	2.0000	0.1333	15.78	2.11
						2.29
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.29	0.07
0010	COMPRESOR NEUMATICO DE 93 HP (335-375 PCM)	hm	1.0000	0.0667	120.71	8.05
						8.12

Sub-Partida N° 00006: Base granular E=0.20 m c/Equipo.

SubPartida	Base Granular E = 0.20 m C/Equipo					
00006						
Rendimient	m2/DIA	MO. 900.0000	EQ. 900.0000	Costo unitario directo por : m2		23.52
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	0.5000	0.0044	26.23	0.12
04	PEON	hh	3.0000	0.0267	15.78	0.43
						0.55
Materiales						
002	AFIRMADO PUESTO EN OBRA	m3		0.2200	102.15	22.48
009	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0150	7.97	0.12
						22.60
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.55	0.02
0009	RODILLO LISO VIBRAT. MANUAL, 10.8 HP, 0.8 - 1.1 TON.	hm	1.0000	0.0089	38.60	0.35
						0.37

Sub-Partida N° 0004: Imprimación asfáltica.

SubPartida	Imprimación Asfáltica					
00004						
Rendimient	m2/DIA	MO. 2,000.0000	EQ. 2,000.0000	Costo unitario directo por : m2		4.34
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	0.5000	0.0020	26.23	0.06
03	OFICIAL	hh	1.0000	0.0040	17.51	0.08
						0.14
Materiales						
003	ASFALTO DILUIDO TIPO MC-30	gln		0.4888	7.97	3.90
						3.90
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.14	0.01
0011	COCINA DE ASFALTO 320 GLN	hm	1.0000	0.0040	70.29	0.29
						0.30

Sub-Partida N° 00007: Transporte de remoción de asfalto y de capas granulares.

SubPartida	Transporte de Remoción de Asfalto y Capas Granulares					
Rendimieb	m3/DIA	MO. 1,000.0000	EQ. 1,000.0000	Costo unitario directo por : m3		1.92
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0008	26.23	0.03
0.03						
Equipos						
0008	CAMION VOLQUETE 4X2	hm	1.0000	0.0080	235.92	1.89
1.89						

Partida N° 02.01.: Sellos Asfálticos (Mantenimiento Periódico).

Partida	Mantenimiento: Sellos Asfálticos					
Rendimieb	m2/DIA	MO. 4,500.0000	EQ. 4,500.0000	Costo unitario directo por : m2		15.13
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0018	26.23	0.05
04	PEON	hh	2.0000	0.0036	15.78	0.06
0.11						
Materiales						
015	ARENA (PUESTO EN OBRA)	m3		0.0100	50.00	0.50
0.50						
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.11	0.01
0009	RODILLO LISO VIBRAT. MANUAL, 10.8 HP, 0.8 - 1.1 TON.	hm	1.0000	0.0018	38.60	0.07
0.08						
Subpartidas						
00002	LIMPIEZA DE TERRENO	m2		1.0000	10.41	10.41
00003	RIEGO DE LIGA	m2		1.0000	4.03	4.03
14.44						

Sub-Partida N° 00002: Limpieza de terreno.

SubPartida	Limpieza de Terreno					
Rendimieb	m2/DIA	MO. 120.0000	EQ. 120.0000	Costo unitario directo por : m2		10.41
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0067	26.23	0.18
04	PEON	hh	2.0000	0.1333	15.78	2.11
2.29						
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.29	0.07
0009	COMPRESOR NEUMATICO DE 93 HP (335-375 PCM)	hm	1.0000	0.0667	120.71	8.05
8.12						

Sub-Partida N° 00003: Riego de liga.

SubPartida	Riego de Liga					
00003						
Rendimieb	m2/DIA	MO. 2,000.0000	EQ. 2,000.0000	Costo unitario directo por : m2		4.03
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	0.5000	0.0020	26.23	0.06
03	OFICIAL	hh	1.0000	0.0040	17.51	0.08
						0.14
Materiales						
006	ASFALTO LIQUIDO RC-250	gln		0.4888	7.33	3.59
						3.59
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.14	0.01
0011	COCINA DE ASFALTO 320 GLN	hm	1.0000	0.0040	70.29	0.29
						0.30

Partida N° 02.02.: Recapado Asfáltico (Mantenimiento Periódico).

Partida	Mantenimiento: Recapado Asfáltico					
02.02.						
Rendimieb	m2/DIA	MO. 4,200.0000	EQ. 4,200.0000	Costo unitario directo por : m2		48.50
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0019	26.23	0.05
02	OPERARIO	hh	1.0000	0.0019	21.86	0.05
04	PEON	hh	4.0000	0.0076	15.78	0.13
						0.23
Materiales						
004	MEZCLA ASFALTICA EN CAUENTE PUESTA EN OBRA	m3		0.0559	557.28	31.15
015	ARENA (PUESTO EN OBRA)	m3		0.0100	50.00	0.50
						31.65
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.23	0.01
0002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10-12 ton	hm	1.0000	0.0019	175.92	0.34
0014	FRESADORA DE PAVIMENTOS	hm	1.0000	0.0019	957.29	1.83
						2.18
Subpartidas						
00002	LIMPIEZA DE TERRENO	m2		1.0000	10.41	10.41
00003	RIEGO DE LIGA	m2		1.0000	4.03	4.03
						14.44

Sub-Partida N° 00002: Limpieza de terreno.

SubPartida	Limpieza de Terreno					
00002						
Rendimient	m2/DIA	MO. 120.0000	EQ. 120.0000	Costo unitario directo por : m2	10.41	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0067	26.23	0.18
04	PEON	hh	2.0000	0.1333	15.78	2.11
						2.29
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.29	0.07
0010	COMPRESOR NEUMATICO DE 93 HP (335-375 PCM)	hm	1.0000	0.0667	120.71	8.05
						8.12

Sub-Partida N° 00003: Riego de liga.

SubPartida	Riego de Liga					
00003						
Rendimient	m2/DIA	MO. 2,000.0000	EQ. 2,000.0000	Costo unitario directo por : m2	4.03	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	0.5000	0.0020	26.23	0.06
03	OFICIAL	hh	1.0000	0.0040	17.51	0.08
						0.14
Materiales						
006	ASFALTO LIQUIDO RC-250	gln		0.4888	7.33	3.59
						3.59
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.14	0.01
0011	COCINA DE ASFALTO 320 GLN	hm	1.0000	0.0040	70.29	0.29
						0.30

**ANEXO N° 07: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA
PAVIMENTOS RÍGIDOS EN LA ETAPA DE OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO.**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS EN LA
ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

Partida N° 02.01.: Reparación de Losas en Espesor Parcial (Mantenimiento Periódico).

Partida	Mantenimiento: Reparación de Losas en Espesor Parcial					
Rendimient	m2/DIA	MO. 4,200.0000	EQ. 4,200.0000	Costo unitario directo por : m2	106.65	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0019	26.23	0.05
02	OPERARIO	hh	1.0000	0.0019	21.86	0.05
04	PEON	hh	2.0000	0.0038	15.78	0.07
						0.17
Materiales						
003	DISCO DE CORTE 3mm PARA CONCRETO	pza		0.0100	9.90	0.10
006	EPOXICO SIKADUR (ADHERENCIA ENTRE LOSAS)	kg		0.4000	53.60	21.44
						21.54
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.17	0.01
0006	MARTILLO NEUMATICO 25-29 KG	hm	1.0000	0.0019	5.77	0.02
0004	SIERRA CIRCULAR DE 20V	hm	1.0000	0.0019	18.00	0.04
						0.07
Subpartida						
00002	LIMPIEZA DE TERRENO	m2		1.0000	2.36	2.36
00005	LOSAS DE CONCRETO	m3		0.0550	343.17	18.88
00006	TEXTURIZADO DEL PAVIMENTO	m2		1.0000	0.48	0.48
00007	SELLADO DE JUNTAS	m		4.0000	15.36	61.44
00008	CURADO DE LOSA DE CONCRETO	m2		1.0000	1.59	1.59
00009	TRANSPORTE DE REMOCION DE CONCRETO	m3		0.0625	1.92	0.12
						84.87

Sub-Partida N° 00002: Limpieza de terreno.

SubPartida	Limpieza de Terreno					
Rendimient	m2/DIA	MO. 120.0000	EQ. 120.0000	Costo unitario directo por : m2	2.36	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0067	26.23	0.18
04	PEON	hh	2.0000	0.1333	15.78	2.11
						2.29
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.29	0.07
						0.07

Sub-Partida N° 00005: Losa de concreto.

SubPartida	Losa de Concreto					
00005	MO. 20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : m3			343.17
Rendimient	m3/DIA					
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	0.5000	0.2000	26.23	5.25
02	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	21.86	8.75
04	PEON	hh	4.0000	1.6000	15.78	25.25
						39.25
Materiales						
007	PIEDRA CHANCADA DE 1/2" PUESTA EN OBRA	m3		0.7400	63.90	47.29
008	ARENA GRUESA (PUESTA EN OBRA)	m3		0.4500	63.90	28.76
009	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.1740	7.97	1.39
010	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 KG)	bol		9.5000	22.20	210.90
						288.34
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	39.25	1.18
0007	MEZCLADORA DE CONCRETO TAMBOR 18 HP 11 P3	hm	1.0000	0.4000	18.00	7.20
0008	VIBRADOR DE CONCRETO 3/4" - 2"	hm	1.0000	0.4000	18.00	7.20
						15.58

Sub-Partida N° 00006: Texturizado del pavimento.

SubPartida	Texturizado del Pavimento					
00006	MO. 1,000.0000	EQ. 1,000.0000	Costo unitario directo por : m2			0.48
Rendimient	m2/DIA					
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0016	26.23	0.05
03	OFICIAL	hh	1.0000	0.0080	17.51	0.15
04	PEON	hh	2.0000	0.0160	15.78	0.26
						0.46
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.46	0.02
						0.02

Sub-Partida N° 00007: Sellado de juntas (longitudinales y transversales).

SubPartida	Sellado de Juntas (Longitudinales y Transversales)					
00007	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : m			15.36
Rendimient	m/DIA					
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Subpartidas						
02.01.	SELLADO DE JUNTAS	m3		1.0000	15.36	15.36
						15.36

Sub-Partida N° 00008: Curado de losa de concreto.

SubPartida	Curado de Losa de Concreto					
00008						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,000.0000	EQ. 1,000.0000	Costo unitario directo por : m2	1.59	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0016	26.23	0.05
03	OFICIAL	hh	1.0000	0.0080	17.51	0.15
						0.20
Materiales						
007	CURADOR SIKA ANTISOLS (20 L)	gln		0.0499	22.97	1.15
008	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0150	7.97	0.12
						1.27
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.20	0.01
0009	PULVERIZADOR A PRESION DE 16 LITROS	hm	1.0000	0.0080	12.62	0.11
						0.12

Sub-Partida N° 00009: Transporte de remoción de concreto.

SubPartida	Transporte de Remoción de Concreto					
00009						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 1,000.0000	EQ. 1,000.0000	Costo unitario directo por : m3	1.92	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0008	26.23	0.03
						0.03
Equipos						
0007	CAMION VOLQUETE 4X2	hm	1.0000	0.0080	235.92	1.89
						1.89

Partida N° 02.02.: Resellado de juntas (Mantenimiento Periódico).

Partida	Mantenimiento: Resellado de Juntas					
Rendimiento	m/DIA	MO. 150.0000	EQ. 150.0000	Costo unitario directo por : m	15.36	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0533	26.23	1.40
04	PEON	hh	3.0000	0.1600	15.78	2.53
						3.93
Materiales						
001	CORDON DE ESPUMA DE POLIURETANO DE 1.1/4" SELLADORES	m		1.0000	4.07	4.07
002	ARENA (PUESTO EN OBRA)	m3		0.0100	50.00	0.50
						4.57
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3.93	0.12
0002	RODILLO LISO VIBRAT. MANUAL, 10.8 HP, 0.8 - 1.1 TON.	hm	1.0000	0.0533	38.60	2.06
						2.18
Subpartida						
00002	LIMPIEZA DE TERRENO	m2		0.3300	13.22	4.37
00004	IMPRIMACION ASFALTICA	m2		0.0570	4.05	0.24
00003	RIEGO DE LIGA	m2		0.0165	4.03	0.07
						4.68

Sub-Partida N° 00002: Limpieza de terreno.

SubPartida	Limpieza de Terreno					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 120.0000	EQ. 120.0000	Costo unitario directo por : m2	13.22	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0067	26.23	0.18
02	OPERARIO	hh	1.0000	0.0667	21.86	1.46
04	PEON	hh	2.0000	0.1333	15.78	2.11
						3.75
Materiales						
003	DISCO DE CORTE 3mm PARA CONCRETO	pza		0.0100	9.90	0.10
						0.10
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3.75	0.12
0003	COMPRESOR NEUMATICO DE 93 HP (335-375 PCM)	hm	1.0000	0.0667	120.71	8.05
0004	SIERRA CIRCULAR DE 20V	hm	1.0000	0.0667	18.00	1.20
						9.37

Sub-Partida N° 00004: Imprimación asfáltica.

SubPartida	Imprimación Asfáltica					
Rendimieb	m2/DIA	MO. 2,000.0000	EQ. 2,000.0000	Costo unitario directo por : m2		4.05
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	0.5000	0.0020	26.23	0.06
03	OFICIAL	hh	1.0000	0.0040	17.51	0.08
						0.14
Materiales						
004	ASFALTO DILUIDO TIPO MC-30	gln		0.4888	7.97	3.90
						3.90
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.14	0.01
						0.01

Sub-Partida N° 00003: Riego de liga.

SubPartida	Riego de Liga					
Rendimieb	m2/DIA	MO. 2,000.0000	EQ. 2,000.0000	Costo unitario directo por : m2		4.03
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	0.5000	0.0020	26.23	0.06
03	OFICIAL	hh	1.0000	0.0040	17.51	0.08
						0.14
Materiales						
005	ASFALTO LIQUIDO RC-250	gln		0.4888	7.33	3.59
						3.59
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.14	0.01
0005	COCINA DE ASFALTO 320 GLN	hm	1.0000	0.0040	70.29	0.29
						0.30

Partida N° 02.03.: Microfresado de Losas (Mantenimiento periódico).

Partida	02.03. Mantenimiento: Microfresado de Losas					
Rendimieb	m2/DIA	MO. 1,200.0000	EQ. 1,200.0000	Costo unitario directo por : m2		7.04
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0067	26.23	0.18
04	PEON	hh	4.0000	0.0267	15.78	0.43
						0.61
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.61	0.02
0010	FRESADORA DE PAVIMENTOS	hm	1.0000	0.0067	957.29	6.39
						6.41
Materiales						
00002	LIMPIEZA DE TERRENO	m2		1.0000	6.09	6.09
00009	TRANSPORTE DE REMOCION DE CONCRETO	m3		0.0064	1.92	0.02
						0.02

Sub-Partida N° 00002: Limpieza de terreno.

SubPartida	00002 Limpieza de Terreno					
Rendimieb	m2/DIA	MO. 120.0000	EQ. 120.0000	Costo unitario directo por : m2		6.09
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0067	26.23	0.18
04	PEON	hh	2.0000	0.1333	15.78	2.11
						2.29
Equipos						
0001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.29	0.07
0011	BARREDORA MECANICA	hm	1.0000	0.0667	55.89	3.73
						3.80

Sub-Partida N° 00009: Transporte de remoción de concreto.

SubPartida	00009 Transporte de Remoción de Concreto					
Rendimieb	m3/DIA	MO. 1,000.0000	EQ. 1,000.0000	Costo unitario directo por : m3		1.92
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
01	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0008	26.23	0.03
						0.03
Equipos						
0007	CAMION VOLQUETE 4X2	hm	1.0000	0.0080	235.92	1.89
						1.89

ANEXO N° 08: CÁLCULO DE GASTOS GENERALES (FIJOS, VARIABLES Y RESUMEN) PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES.

**CÁLCULO DE GASTOS GENERALES (FIJOS) PARA PAVIMENTOS
FLEXIBLES.**

Gastos Generales Fijos (no relacionados con el plazo de ejecución de la obra).					
N°	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (precios de mercado) S/.	Valor Total S/.

01. Gastos para Licitación y/o Contrataciones					
01.01.	Costo de Preparación de Oferta para la Licitación	est	1.00	1,800.00	1,800.00
01.02.	Gastos Legales	est	1.00	1,800.00	1,800.00
01.03.	Carteles de Obra	Unidad	2.00	1,250.00	2,500.00
01.04.	Gastos de Inspección de Obra	est	1.00	2,500.00	2,500.00
01.05.	Gastos Varios	est	1.00	1,500.00	1,500.00
Total de Gastos para Licitación y/o Contrataciones					10,100.00

02. Gastos Indirectos Varios					
02.01.	Administrador	mes	1.00	2,200.00	2,200.00
02.02.	Secretaria	mes	1.00	1,500.00	1,500.00
02.03.	Especialista en Computo	mes	1.00	1,500.00	1,500.00
02.04.	Copias, Planos y Documentos	est	1.00	1,200.00	1,200.00
02.05.	Comunicaciones	est	1.00	1,000.00	1,000.00
02.06.	Útiles de Oficina	est	1.00	750.00	750.00
Total de Gastos Indirectos Varios					8,150.00

03. Impuestos					
03.01.	SENCICO (0.2% presupuesto sin IGV)	%	0.2	1,680,331.33	3,360.66
Total de Gastos por Impuestos					3,360.66

TOTAL GASTOS GENERALES FIJOS					21,610.66
-------------------------------------	--	--	--	--	------------------

CÁLCULO DE GASTOS GENERALES (VARIABLES) PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Gastos Generales Variables (relacionados con el plazo de ejecución de la Obra).							
Nº	Descripción	Unidad	Tiempo (plazo de la obra)	Cantidad	% de participación	Precio Unitario (precios de mercado) S/.	Valor Total S/.
01. Honorarios, Sueldos y Prestaciones							
01.01.	Ing. Residente de Obra	mes	3.00	1.00	1.00	5,500.00	16,500.00
01.02.	Ing. Asistente de Obra	mes	3.00	1.00	1.00	3,200.00	9,600.00
01.01.	Ing. Especialista en Suelos y Pavimentos	mes	3.00	1.00	0.50	4,500.00	6,750.00
01.02.	Ing. Especialista en Metrados y Valorizaciones	mes	3.00	1.00	1.00	3,200.00	9,600.00
01.01.	Ing. Especialista en Impacto Ambiental	mes	3.00	1.00	0.50	4,500.00	6,750.00
01.02.	Ing. Especialista en Señalización y Seguridad Vial	mes	3.00	1.00	1.00	3,200.00	9,600.00
01.01.	Contador - Administrador	mes	3.00	1.00	1.00	2,200.00	6,600.00
01.02.	Auxiliar Administrativo - Planillero pagador	mes	3.00	1.00	1.00	1,500.00	4,500.00
01.01.	Técnico Asistente en Autocad (Dibujante)	mes	3.00	1.00	0.50	2,200.00	3,300.00
01.02.	Maestro de Obra	mes	3.00	1.00	1.00	3,200.00	9,600.00
01.01.	Secretaria	mes	3.00	1.00	1.00	1,500.00	4,500.00
01.02.	Topógrafo	mes	3.00	1.00	0.50	3,200.00	4,800.00
01.01.	Ayudante de topografía	mes	3.00	1.00	0.50	1,200.00	1,800.00
01.02.	Almacenero	mes	3.00	1.00	1.00	1,500.00	4,500.00
01.01.	Servicio de Vigilancia (2 turnos)	mes	3.00	2.00	0.50	1,500.00	4,500.00
Total de Gastos por Honorarios, Sueldos y Prestaciones							102,900.00

02. Gastos de Oficina							
02.01.	Papelería y útiles de escritorio	mes	3.00	1.00		3,000.00	9,000.00
02.02.	Teléfono, internet	mes	3.00	1.00		1,500.00	4,500.00
02.03.	Fotocopias y otros	mes	3.00	1.00		1,500.00	4,500.00
02.04.	Luz, agua y otros consumos	mes	3.00	1.00		1,500.00	4,500.00
Total de Gastos de Oficina							22,500.00
02. Gastos de Servicios							
02.01.	Pruebas de Laboratorio (Calidad de Materiales)	glb	1.00	1.00		2,200.00	2,200.00
02.02.	Ensayo no Destructivo Post-Obra (Rugosidad/Deflecciones)	glb	1.00	1.00		2,200.00	2,200.00
Total de Gastos de Oficina							4,400.00
03. Gastos Financieros							
03.01.	Impuesto a las Transacciones Financieras	%			0.08%	1,680,331.33	1,344.27
Total de Gastos Financieros							1,344.27
04. Seguros							
04.01.	SCTR	%			1.20%	102,900.00	1,234.80
04.02.	Costo por emisión de pólizas	%			3.00%	1,234.80	37.04
Total de Gastos por Seguros							1,271.84
TOTAL GASTOS GENERALES VARIABLES							132,416.11

**CÁLCULO DE GASTOS GENERALES (RESUMEN) PARA PAVIMENTOS
FLEXIBLES.**

Resumen de Gastos Generales (Fijos + Variables)		
Descripción	Monto Total S/.	Porcentaje %
Costo Directo	1,680,331.33	
1. Gastos Generales		
A. Gastos Generales Fijos Gastos Generales Fijos (no relacionados con el plazo de ejecución de la obra).	21,610.66	1.29%
B. Gastos Generales Variables Gastos Generales Variables (relacionados con el plazo de ejecución de la Obra).	132,416.11	7.88%
TOTAL DE GASTOS GENERALES	154,026.77	9.17%

**ANEXO N° 09: CÁLCULO DE GASTOS GENERALES (FIJOS,
VARIABLES Y RESUMEN) PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS.**

CÁLCULO DE GASTOS GENERALES (FIJOS) PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS

Gastos Generales Fijos (no relacionados con el plazo de ejecución de la obra).					
N°	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (precios de mercado) S/.	Valor Total S/.

01. Gastos para Licitación y/o Contrataciones					
01.01.	Costo de Preparación de Oferta para la Licitación	est	1.00	1800	1,800.00
01.02.	Gastos Legales	est	1.00	1800	1,800.00
01.03.	Carteles de Obra	und	2.00	1250	2,500.00
01.04.	Gastos de Inspección de Obra	est	1.00	2500	2,500.00
01.05.	Gastos Varios	est	1.00	1500	1,500.00
Total de Gastos para Licitación y/o Contrataciones					10,100.00

02. Gastos Indirectos Varios					
02.01.	Administrador	mes	1.00	2200	2,200.00
02.02.	Secretaria	mes	1.00	1500	1,500.00
02.03.	Especialista en Computo	mes	1.00	1500	1,500.00
02.04.	Copias, Planos y Documentos	est	1.00	1200	1,200.00
02.05.	Comunicaciones	est	1.00	1000	1,000.00
02.06.	Útiles de Oficina	est	1.00	750	750.00
Total de Gastos Indirectos Varios					8,150.00

03. Impuestos					
03.01.	SENCICO (0.2% presupuesto sin IGV)	%	0.2	2,413,334.47	4,826.67
Total de Gastos por Impuestos					4,826.67

TOTAL GASTOS GENERALES FIJOS					23,076.67
-------------------------------------	--	--	--	--	------------------

CÁLCULO DE GASTOS GENERALES (VARIABLES) PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS

Gastos Generales Variables (relacionados con el plazo de ejecución de la Obra).							
N°	Descripción	Unidad	Tiempo (plazo de la obra)	Cantidad	% de participación	Precio Unitario (precios de mercado) S/.	Valor Total S/.
01. Honorarios, Sueldos y Prestaciones							
01.01.	Ing. Residente de Obra	mes	7.00	1.00	1.00	5,500.00	38,500.00
01.02.	Ing. Asistente de Obra	mes	7.00	1.00	1.00	3,200.00	22,400.00
01.01.	Ing. Especialista en Suelos y Pavimentos	mes	7.00	1.00	0.50	4,500.00	15,750.00
01.02.	Ing. Especialista en Metrados y Valorizaciones	mes	7.00	1.00	1.00	3,200.00	22,400.00
01.01.	Ing. Especialista en Impacto Ambiental	mes	7.00	1.00	0.50	4,500.00	15,750.00
01.02.	Ing. Especialista en Señalización y Seguridad Vial	mes	7.00	1.00	1.00	3,200.00	22,400.00
01.01.	Contador - Administrador	mes	7.00	1.00	1.00	2,200.00	15,400.00
01.02.	Auxiliar Administrativo - Planillero pagador	mes	7.00	1.00	1.00	1,500.00	10,500.00
01.01.	Técnico Asistente en Autocad (Dibujante)	mes	7.00	1.00	0.50	2,200.00	7,700.00
01.02.	Maestro de Obra	mes	7.00	1.00	1.00	3,200.00	22,400.00
01.01.	Secretaria	mes	7.00	1.00	1.00	1,500.00	10,500.00
01.02.	Topógrafo	mes	7.00	1.00	0.50	3,200.00	11,200.00
01.01.	Ayudante de topografía	mes	7.00	1.00	0.50	1,200.00	4,200.00
01.02.	Almacenero	mes	7.00	1.00	1.00	1,500.00	10,500.00
01.01.	Servicio de Vigilancia (2 turnos)	mes	7.00	2.00	0.50	1,500.00	10,500.00
Total de Gastos por Honorarios, Sueldos y Prestaciones							240,100.00

02. Gastos de Oficina							
02.01.	Papelería y útiles de escritorio	mes	7.00	1.00		3,000.00	21,000.00
02.02.	Teléfono, internet	mes	7.00	1.00		1,500.00	10,500.00
02.03.	Fotocopias y otros	mes	7.00	1.00		1,500.00	10,500.00
02.04.	Luz, agua y otros consumos	mes	7.00	1.00		1,500.00	10,500.00
Total de Gastos de Oficina							52,500.00
02. Gastos de Servicios							
02.01.	Pruebas de Laboratorio (Calidad de Materiales)	glb	1.00	1.00		2,200.00	2,200.00
02.02.	Ensayo no Destructivo Post-Obra (Rugosidad/Deflecciones)	glb	1.00	1.00		2,200.00	2,200.00
Total de Gastos de Oficina							4,400.00
03. Gastos Financieros							
03.01.	Impuesto a las Transacciones Financieras	%			0.08%	2,413,334.47	1,930.67
Total de Gastos Financieros							1,930.67
04. Seguros							
04.01.	SCTR	%			1.20%	240,100.00	2,881.20
04.02.	Costo por emisión de pólizas	%			3.00%	2,881.20	86.44
Total de Gastos por Seguros							2,967.64
TOTAL GASTOS GENERALES VARIABLES							301,898.30

**CÁLCULO DE GASTOS GENERALES (RESUMEN) PARA PAVIMENTOS
RÍGIDOS**

Resumen de Gastos Generales (Fijos + Variables)		
Descripción	Monto Total S/.	Porcentaje %
Costo Directo	2,413,334.47	
1. Gastos Generales		
A. Gastos Generales Fijos	23,076.67	0.96%
Gastos Generales Fijos (no relacionados con el plazo de ejecución de la obra).		
B. Gastos Generales Variables	301,898.30	12.51%
Gastos Generales Variables (relacionados con el plazo de ejecución de la Obra).		
TOTAL DE GASTOS GENERALES	324,974.97	13.47%

ANEXO N° 10: DIAGNÓSTICO DE FALLAS TÍPICAS.



Figura N° 38: Falla en pavimentos asfálticos (Peladuras y desprendimiento de material), de la “Sub-zona 3”.



Figura N° 39: Falla en pavimentos asfálticos (desprendimiento de material en las juntas asfálticas originadas por trabajos de recapados), al interior del campus.

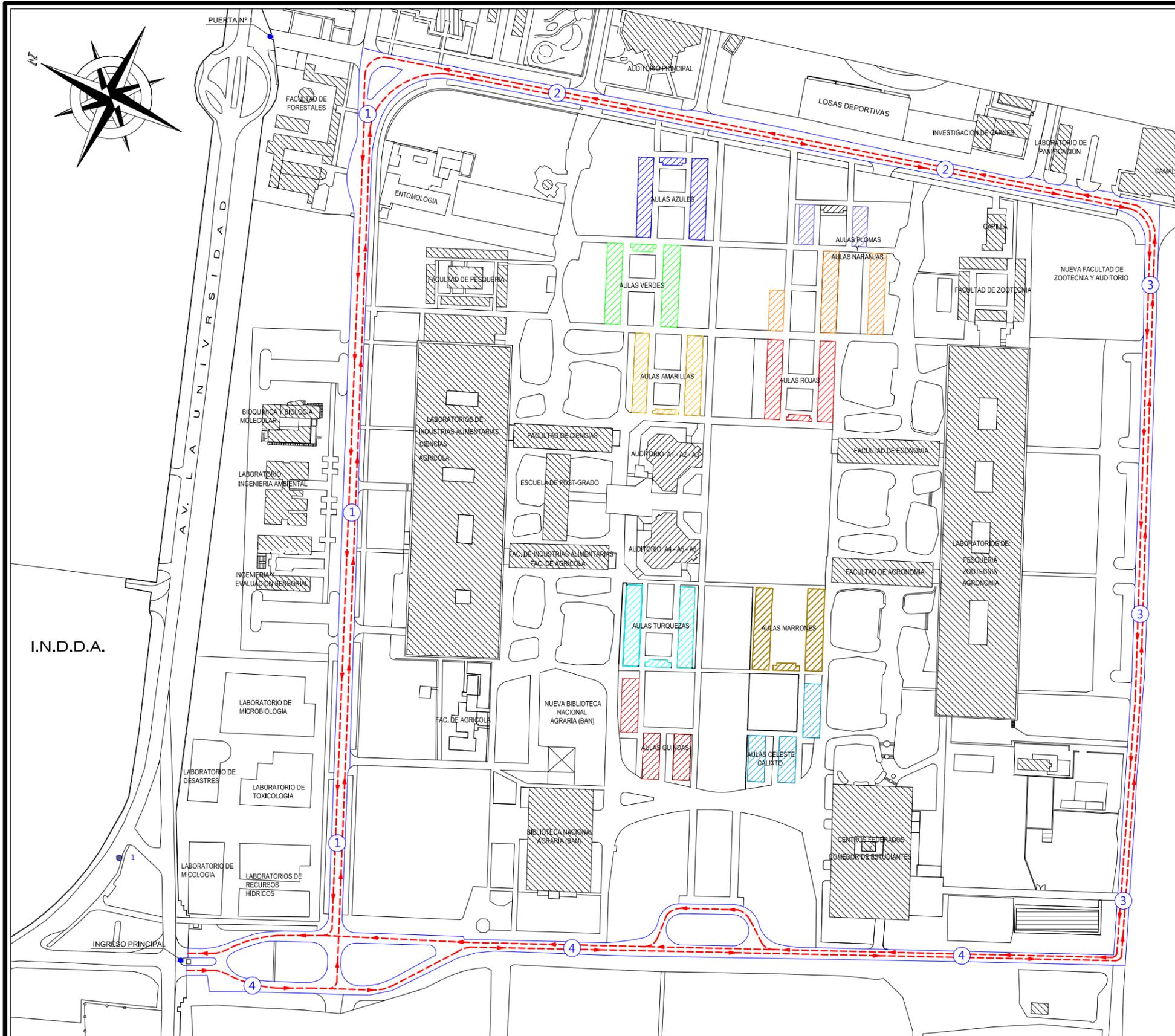


Figura N° 40: Falla en pavimentos asfálticos (piel de cocodrilo) al interior del campus.



Figura N° 41: Falla en pavimentos asfálticos (agrietamientos) al interior del campus.

ANEXO N° 11: PLANOS.



CROQUIS DE UBICACIÓN



LEYENDA

- | | | | |
|--|--------------------------------|---|--------------------------------|
| | EXTENSIÓN DE VÍAS A INTERVENIR | | AREA A INTERVENIR |
| | PERÍMETRO DE VÍAS A INTERVENIR | ① | AV. VICTOR MARIE |
| | AULAS GUINDAS | ② | AV. PRESIDENTE LOPEZ DE ROMAÑA |
| | AULAS CELESTE CALIXTO | ③ | AV. JAVIER B. DE LA FLOR |
| | AULAS MARRONES | ④ | AV. S/N |
| | AULAS TURQUEZAS | | |
| | AULAS ROJAS | | |
| | AULAS AMARILLAS | | |
| | AULAS VERDES | | |
| | AULAS NARANJAS | | |
| | AULAS AZULES | | |
| | AULAS PLOMAS | | |
| | EDIFICACIONES | | |



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



PROYECTO:
"ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE DOS TIPOS DE PAVIMENTOS
EN EL CAMPUS DE LA UNALM"

PLANO:
UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO
PLANTA

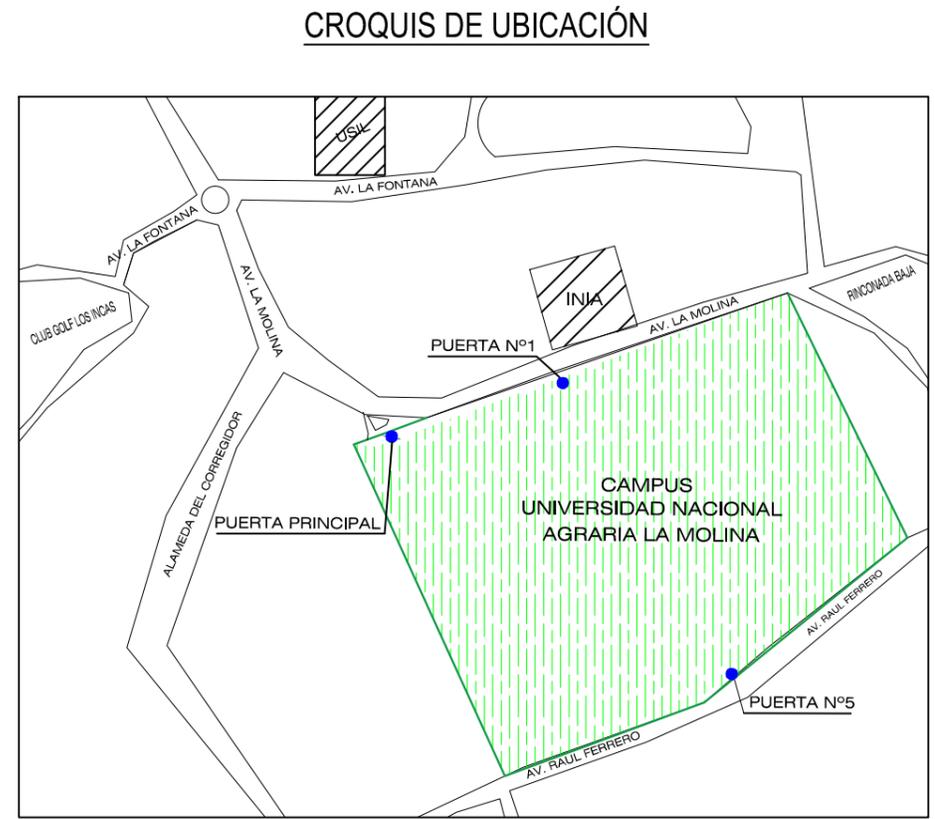
UBICACIÓN:
CAMPUS DE LA UNALM - DISTRITO LA MOLINA
PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA

TESISTA: BACH. MILAGROS SOFÍA LAURA GUZMÁN

ESCALA: 1/2500

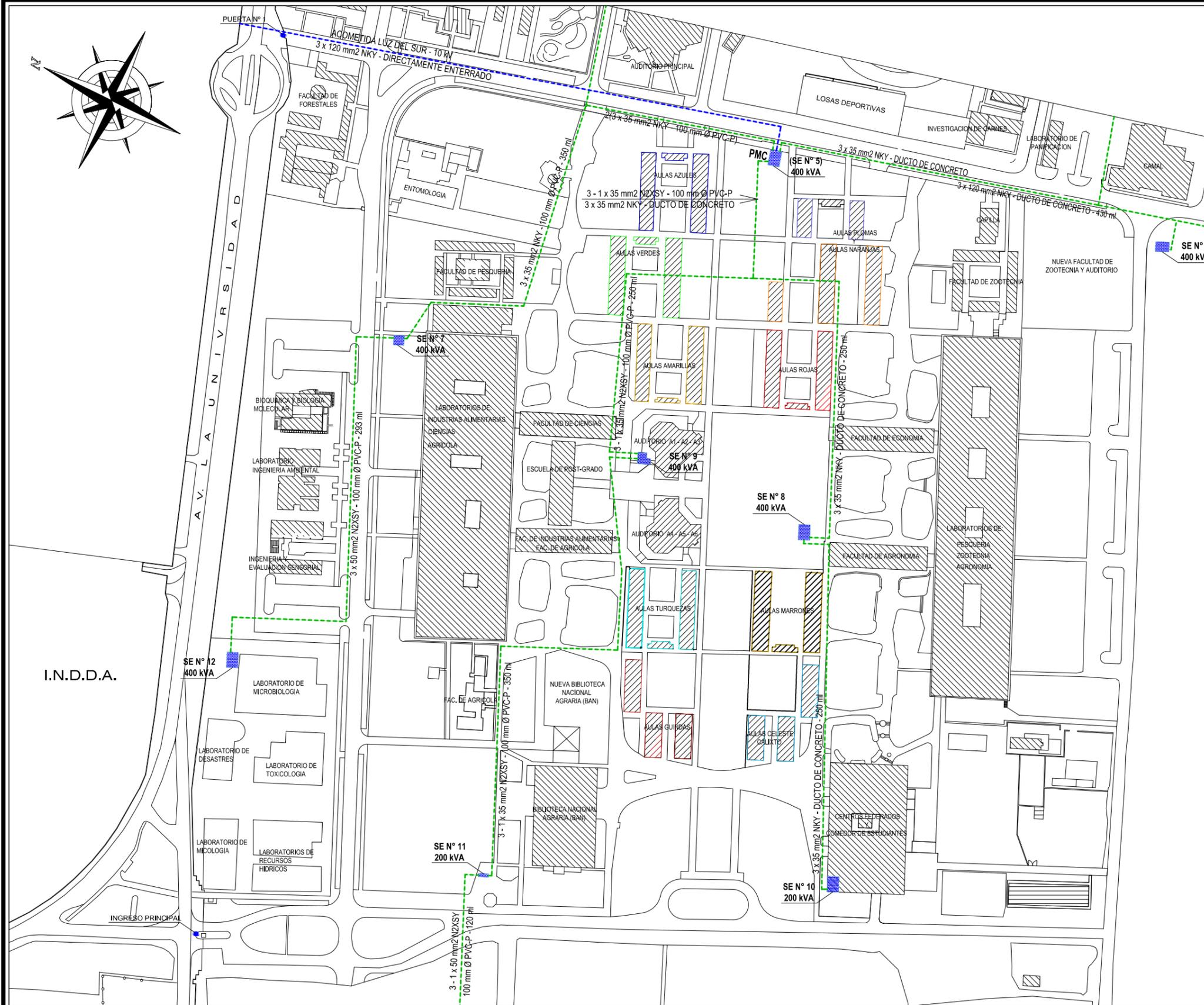
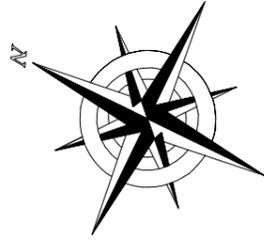
FECHA: ABRIL 2019

LÁMINA N°:
U-01



- #### LEYENDA
-  AREA A INTERVENIR
 -  EDIFICACIONES
 -  CURVAS DE NIVEL
 -  COORDENADAS



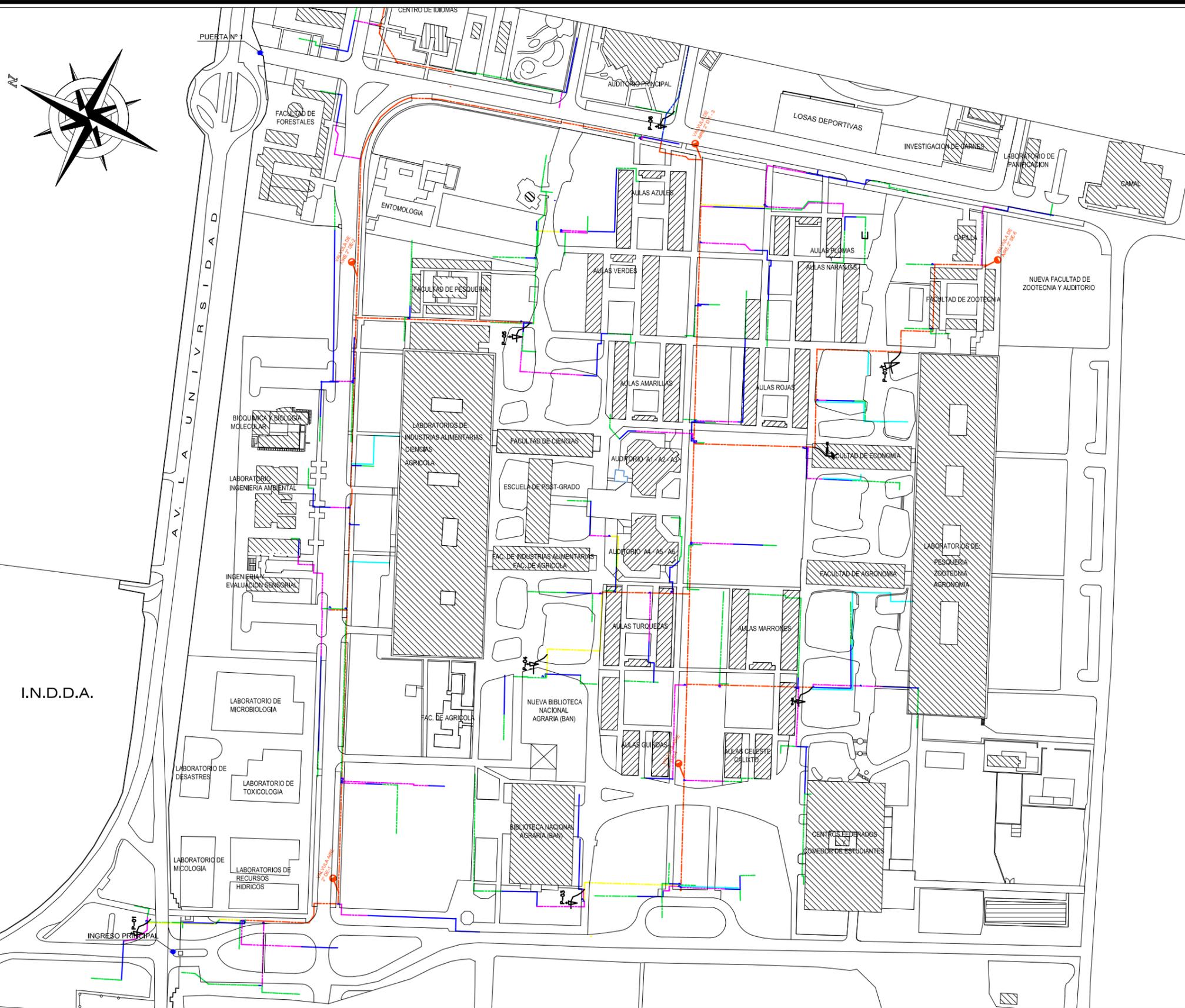


LEYENDA

- S.E. N° ... 400 kVA/ 200kVA
- EXTENSIÓN DE CABLEADO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

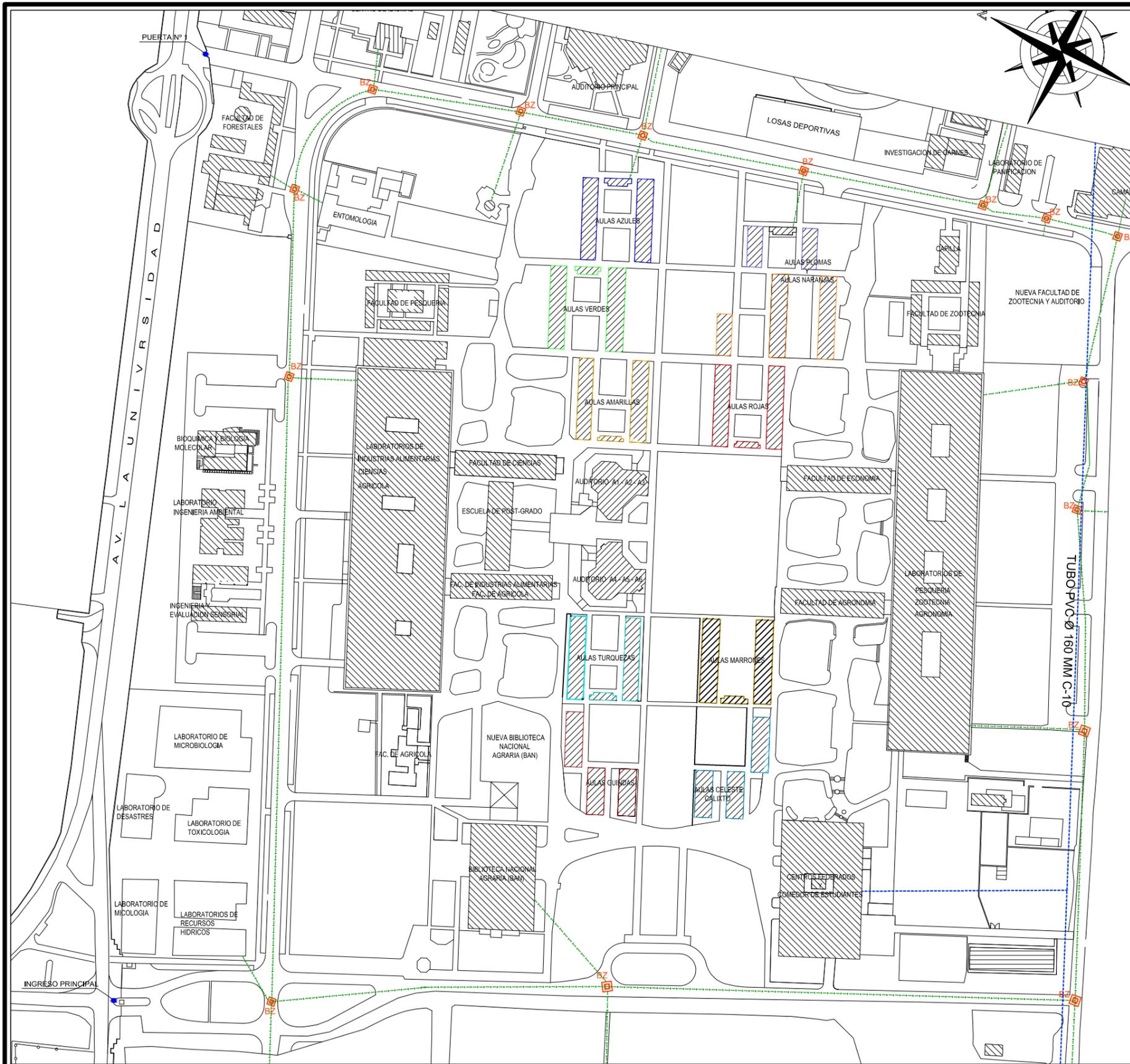
I.N.D.D.A.





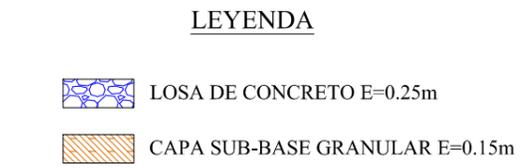
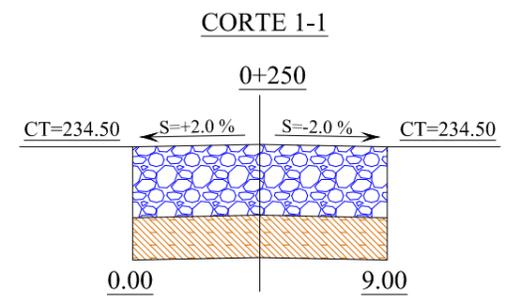
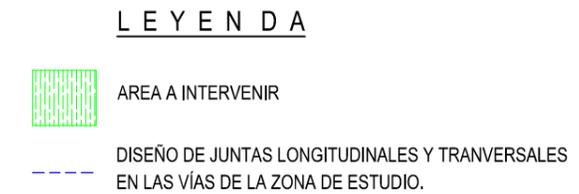
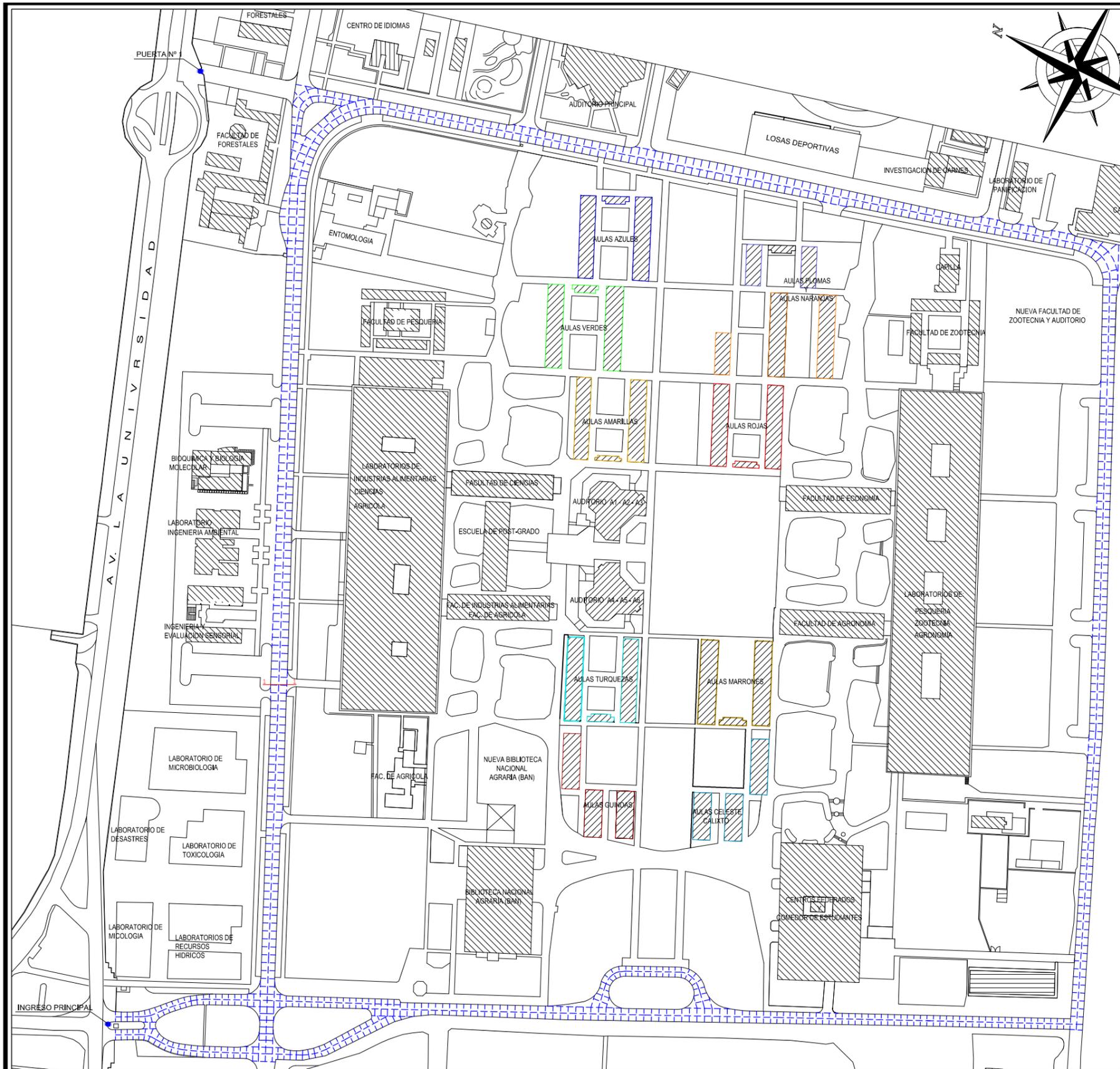
LEYENDA

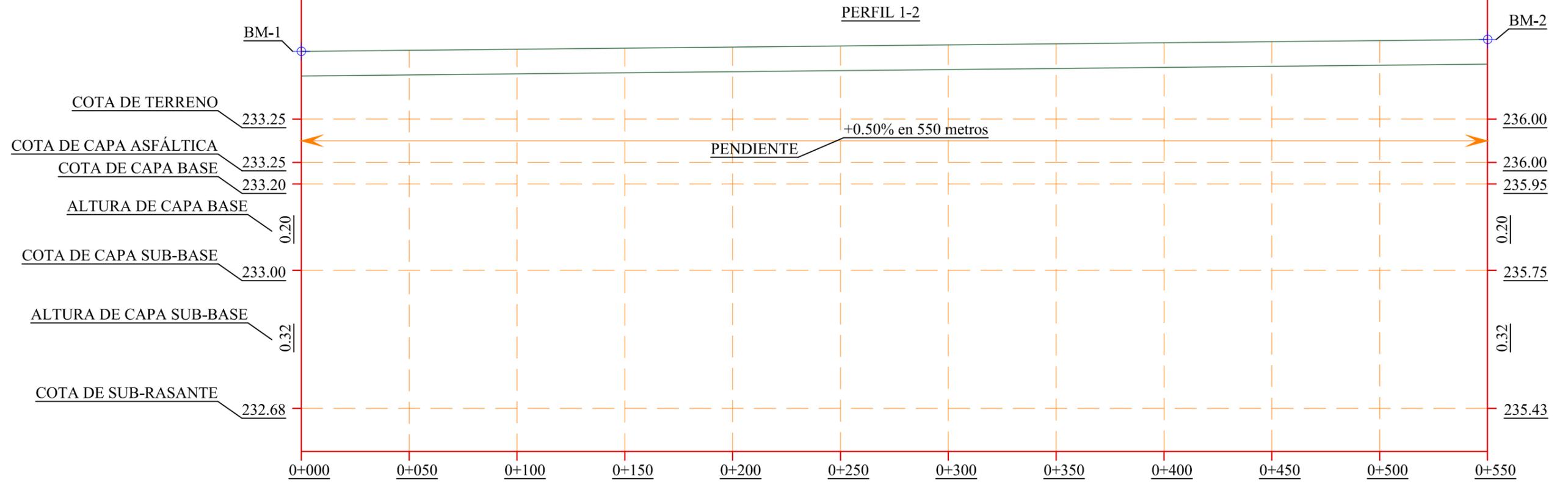
- TUBO PVC Ø 2" C-10, SP
- TUBO PVC Ø 75MM C-10, UF
- TUBO PVC Ø 90MM C-10, UF
- TUBO PVC Ø 110MM C-10, UF
- TUBO PVC Ø 140MM C-10, UF
- TUBO PVC Ø 160MM C-10, UF
- PURGAS



LEYENDA

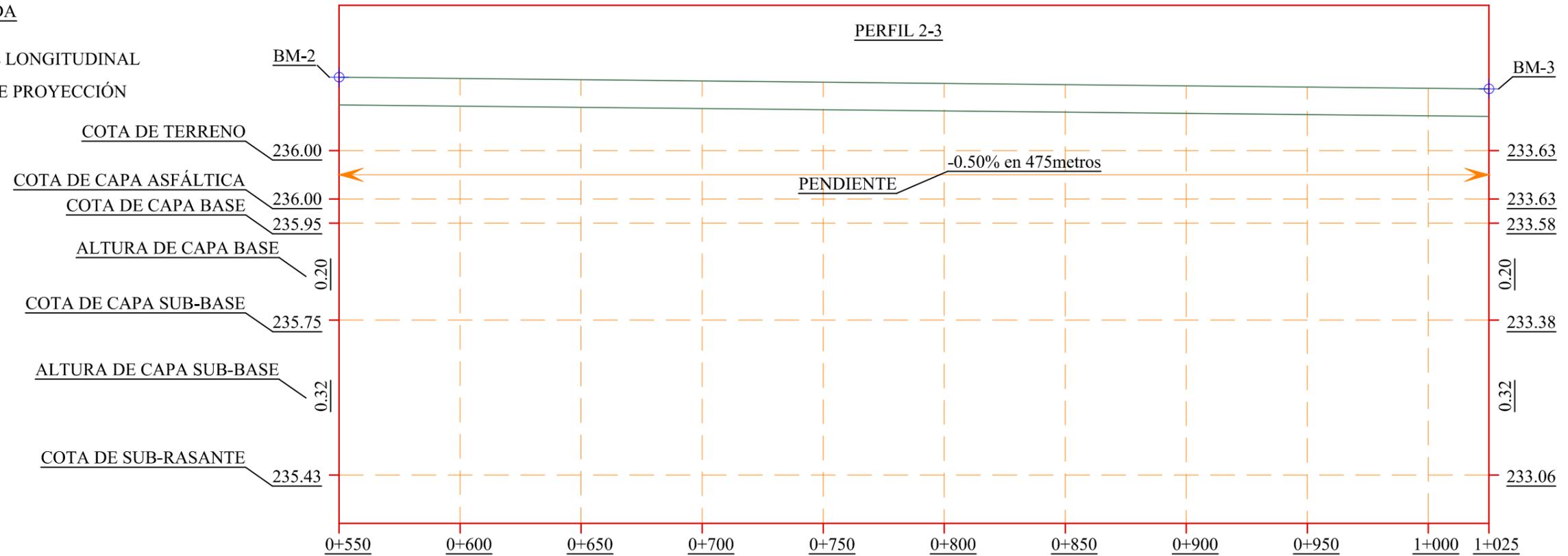
- AREA A INTERVENIR
- RED DE DESAGUE
- RED DE AGUA
- BUZONES DE DESAGUE

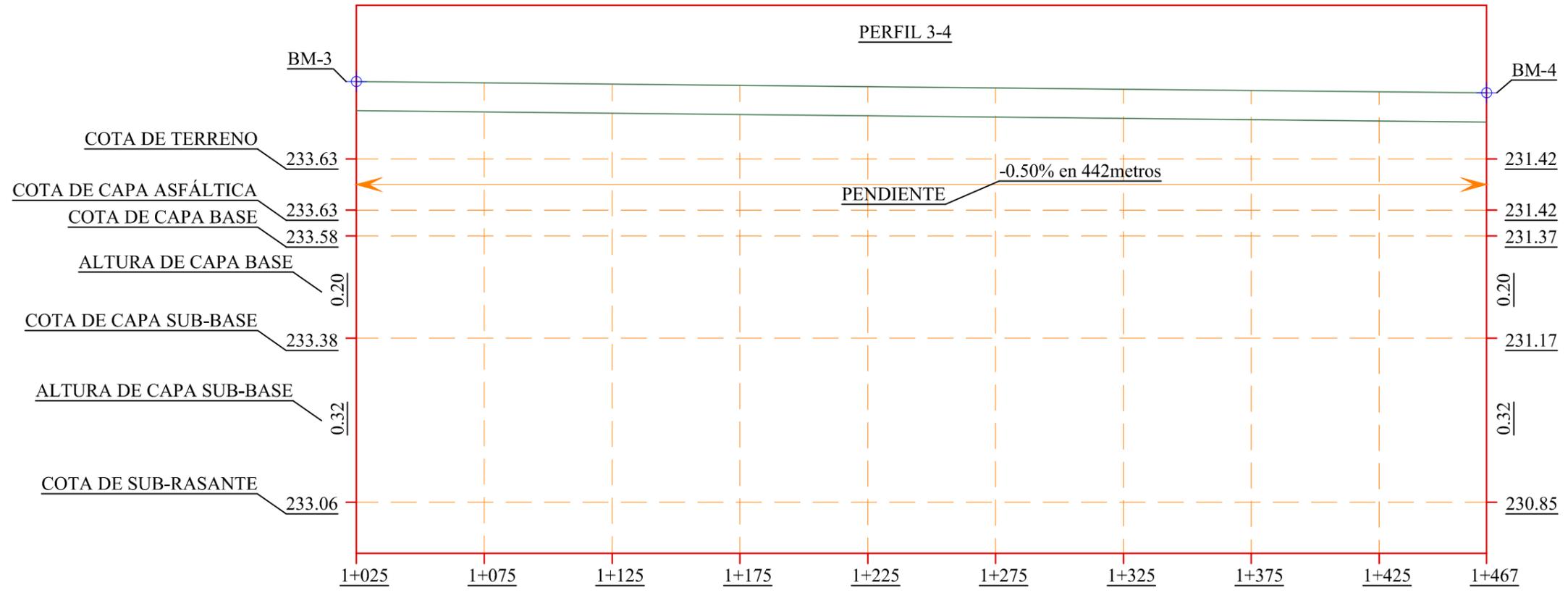




LEYENDA

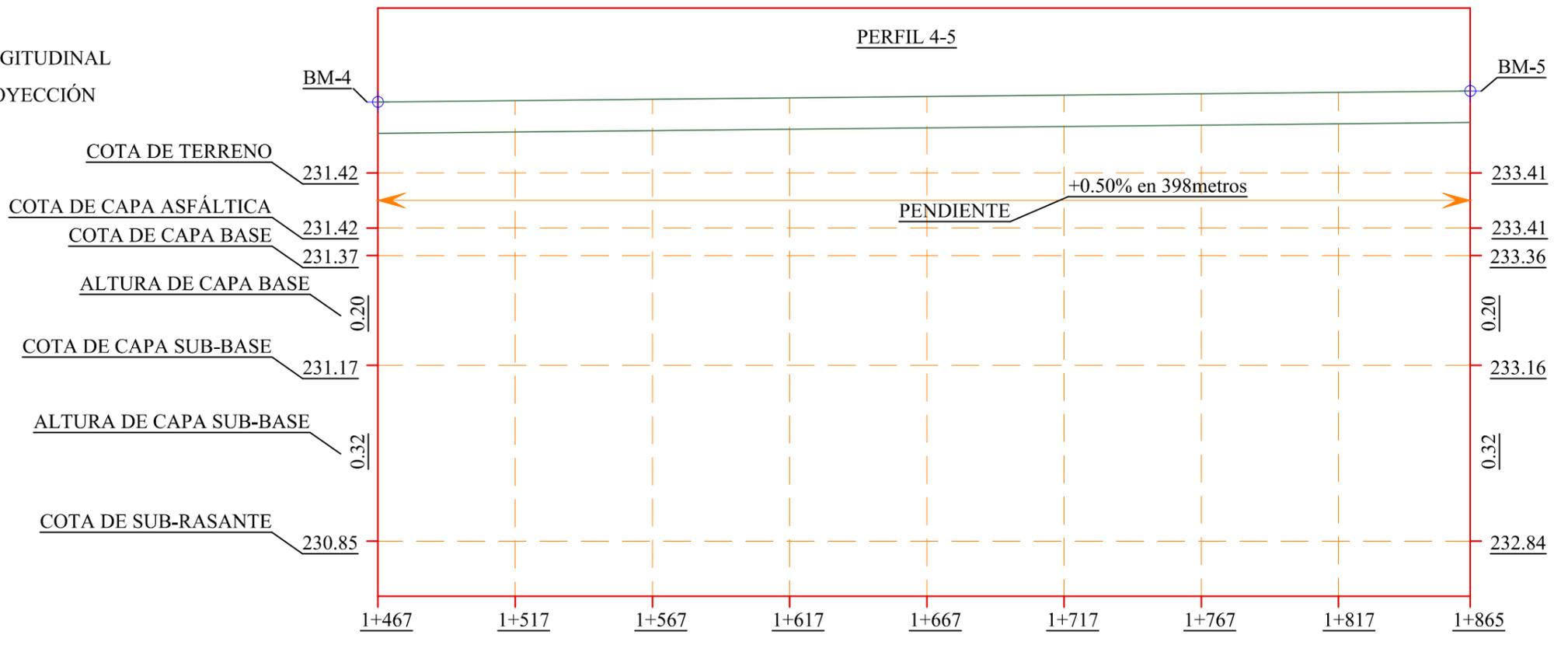
- PERFIL LONGITUDINAL
- - - EJES DE PROYECCIÓN

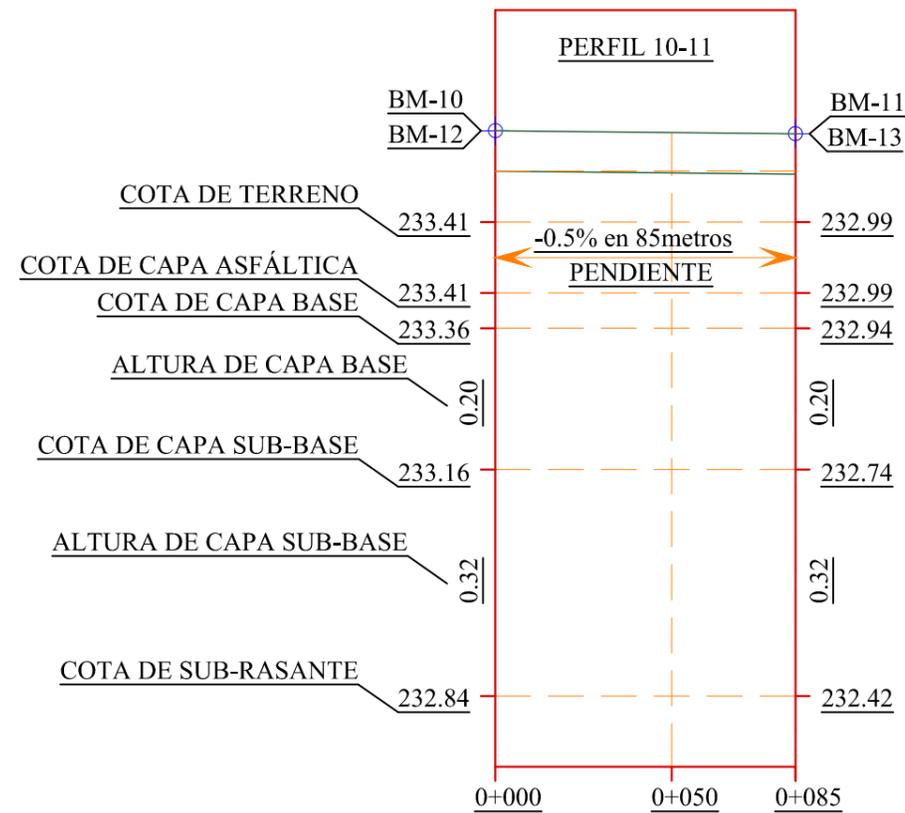
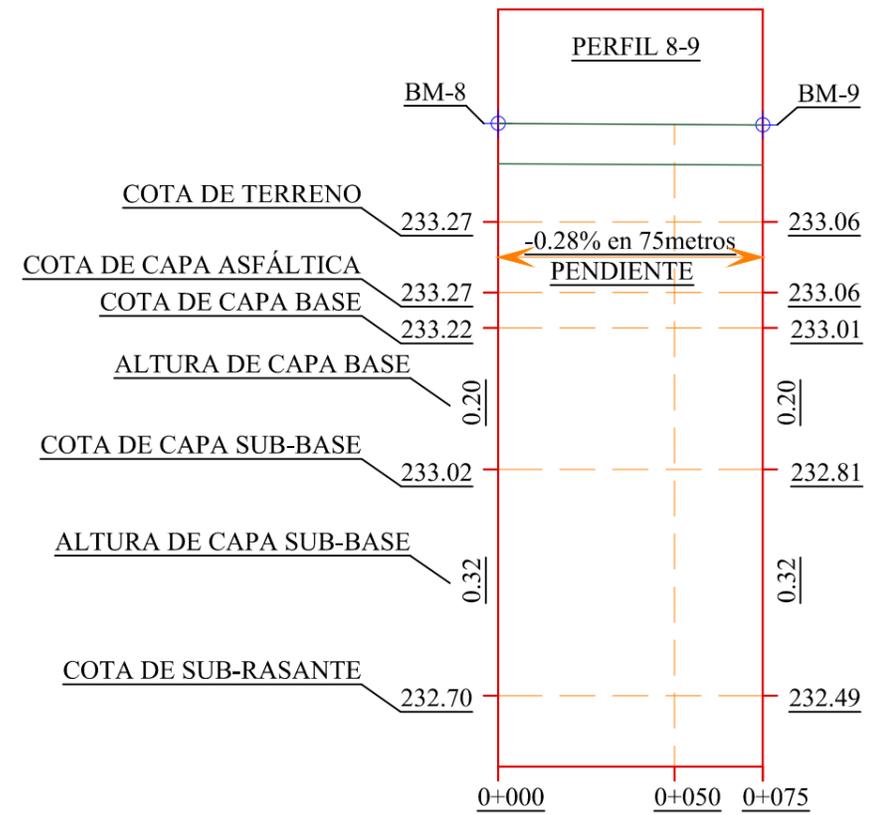
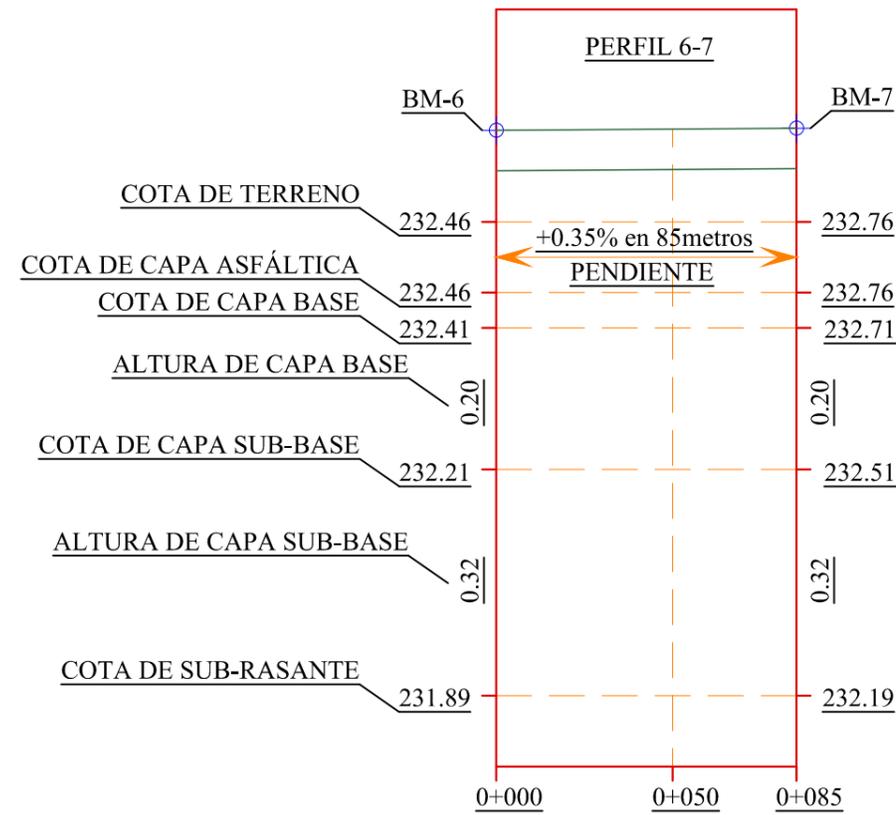




LEYENDA

- PERFIL LONGITUDINAL
- - - EJES DE PROYECCIÓN

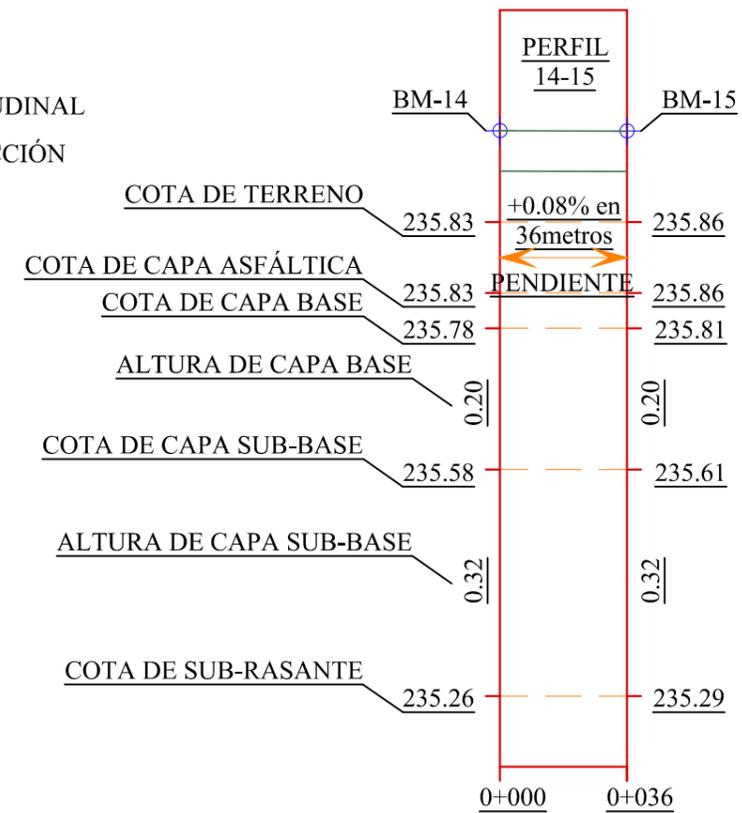


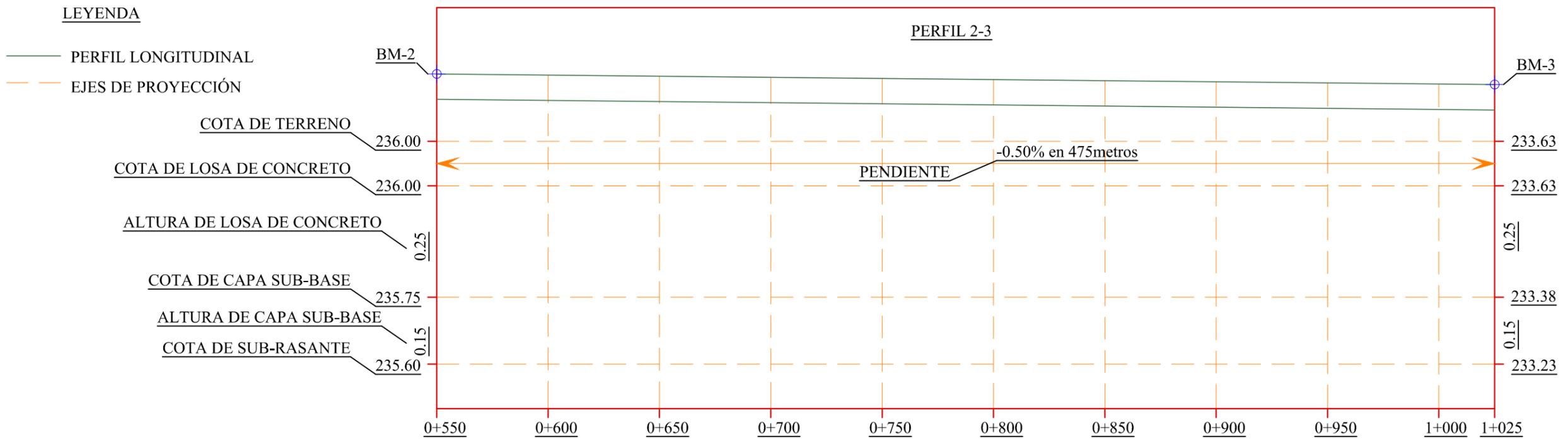
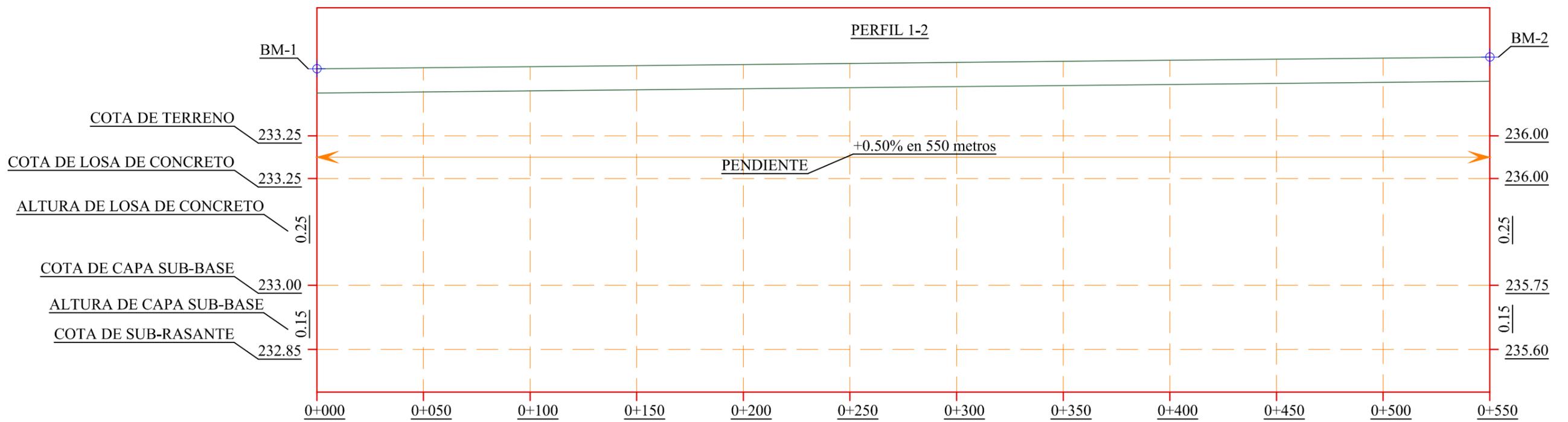


LEYENDA

— PERFIL LONGITUDINAL

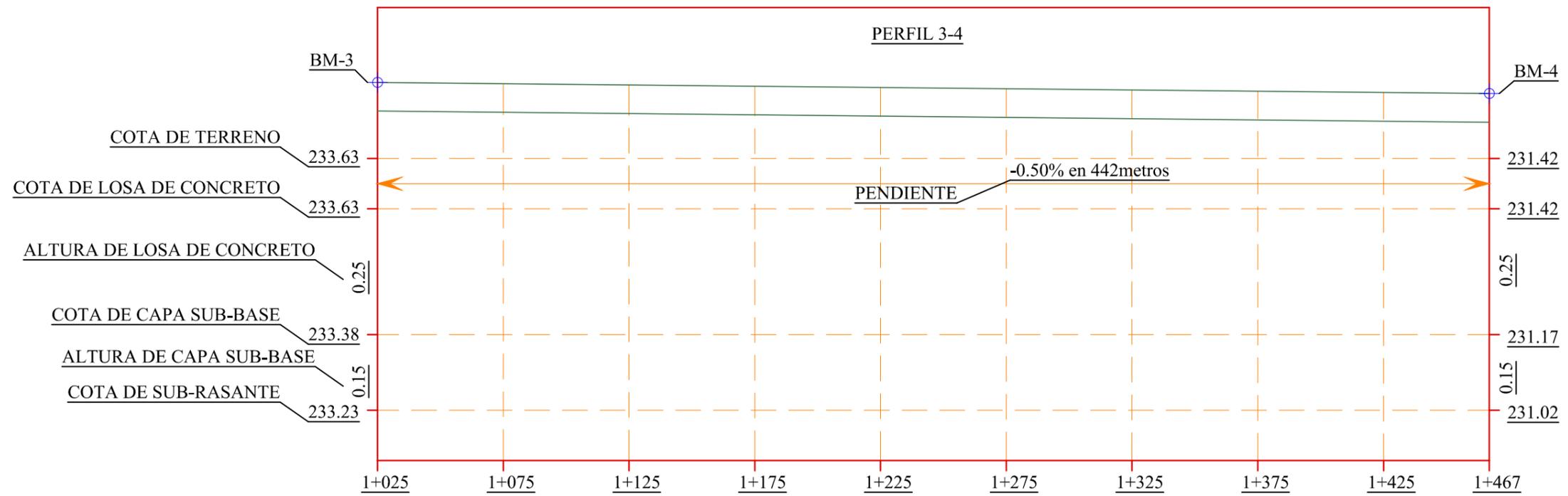
- - - EJES DE PROYECCIÓN





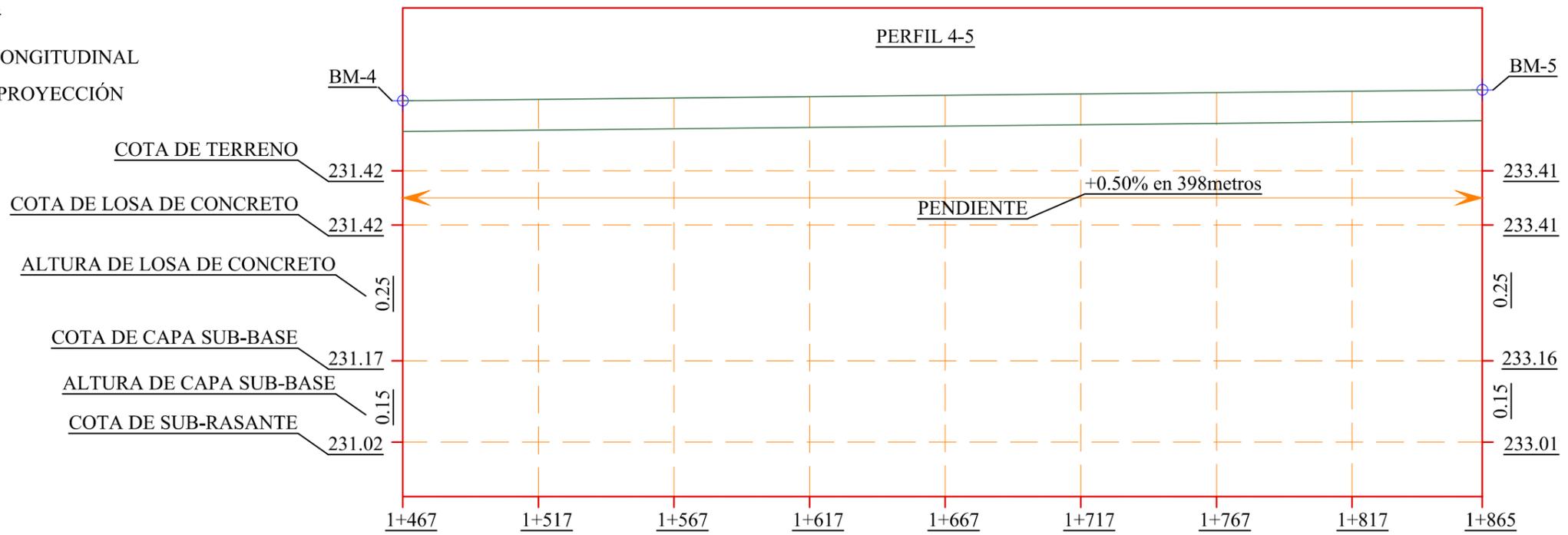
LEYENDA

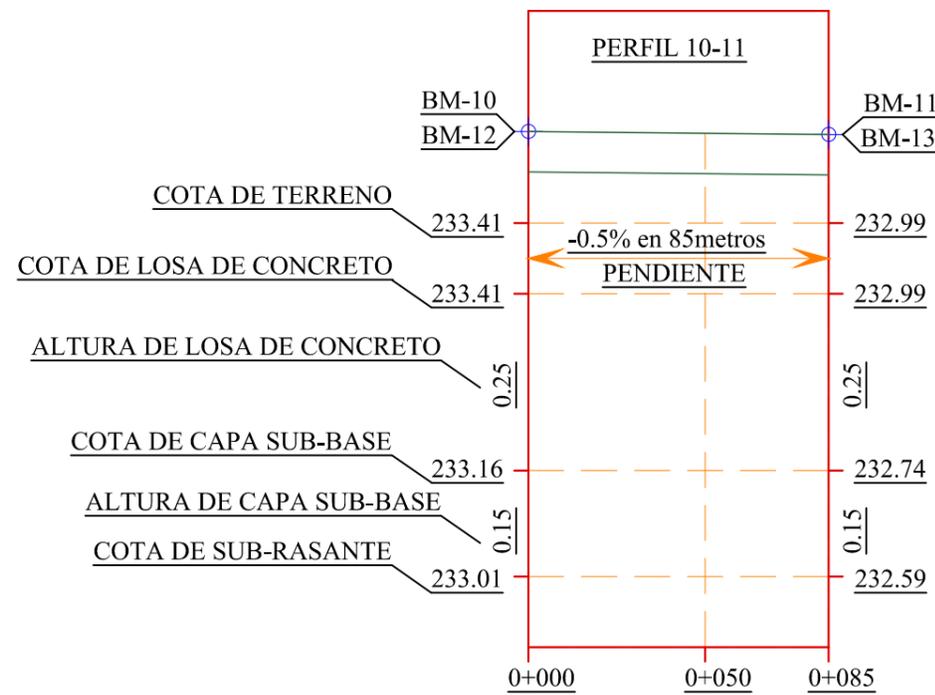
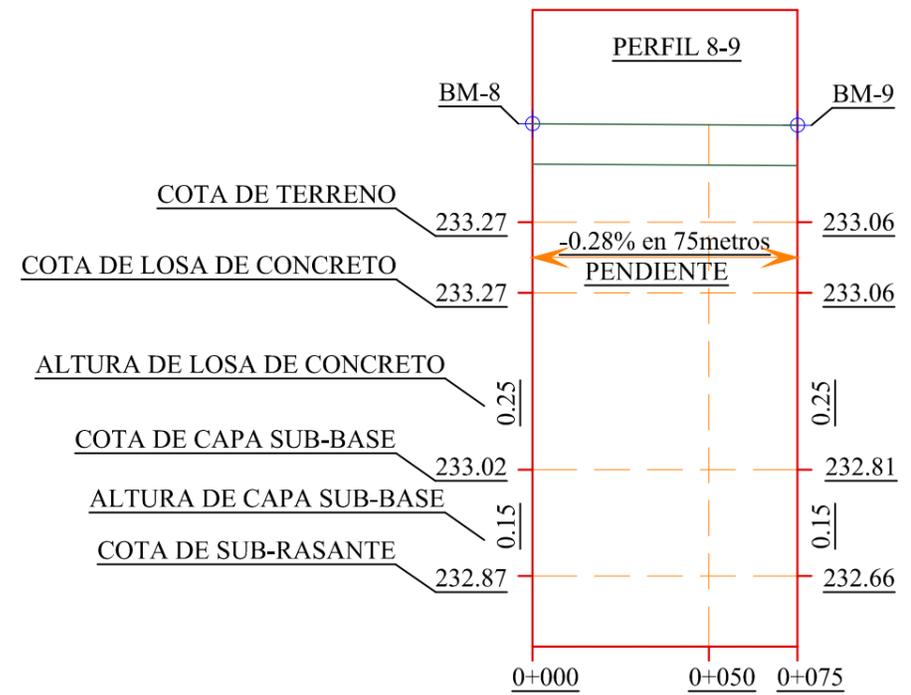
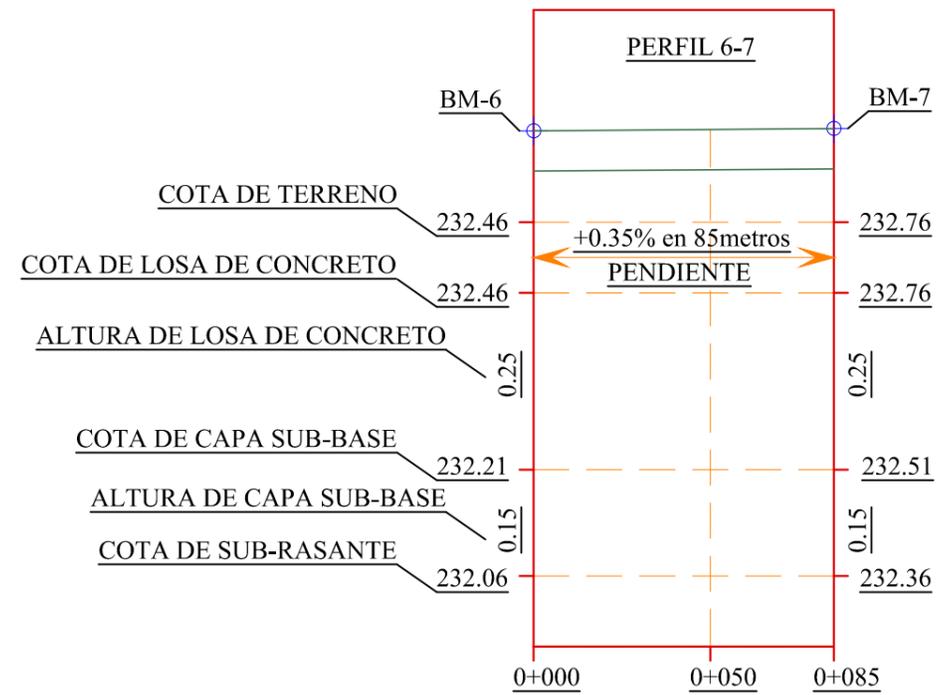
- PERFIL LONGITUDINAL
- - - EJES DE PROYECCIÓN



LEYENDA

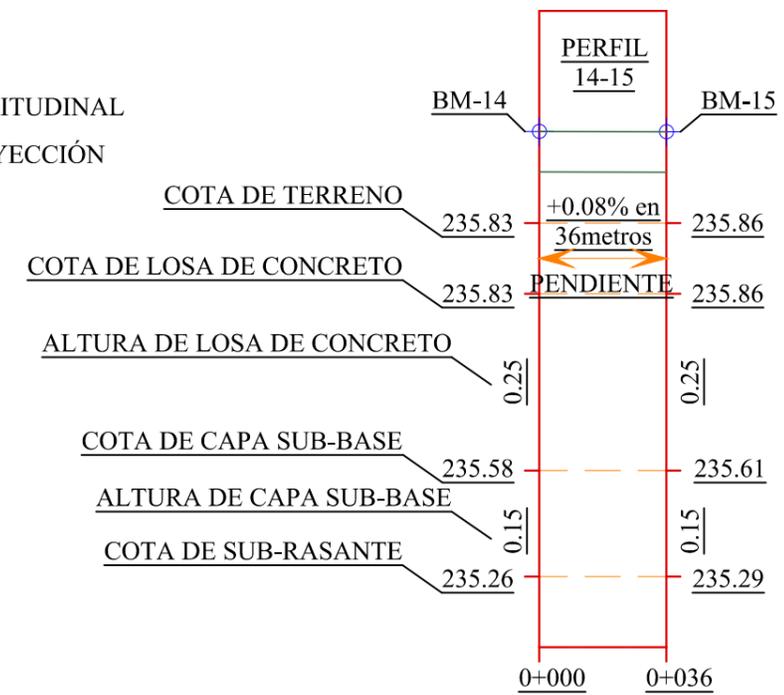
- PERFIL LONGITUDINAL
- - - EJES DE PROYECCIÓN



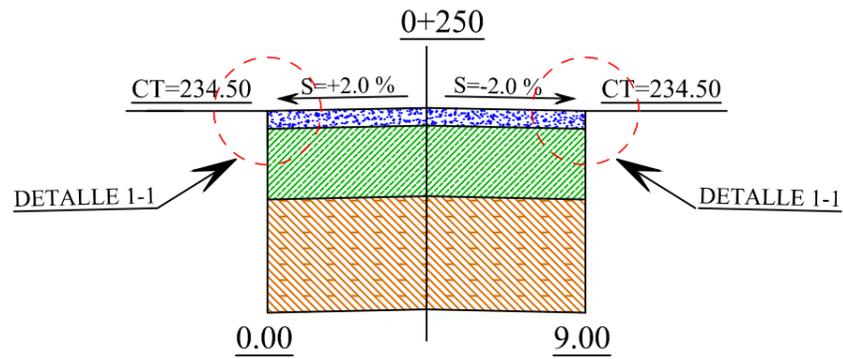


LEYENDA

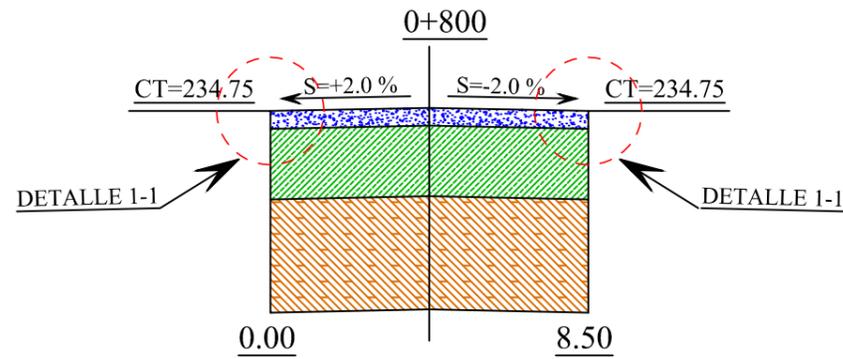
- PERFIL LONGITUDINAL
- - - EJES DE PROYECCIÓN



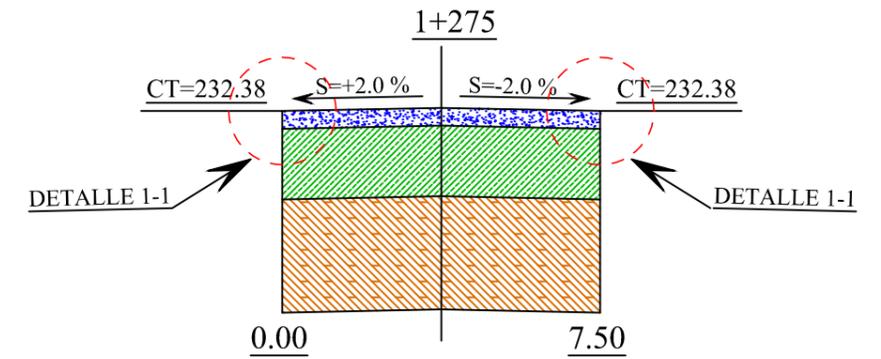
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PERFIL 1-2



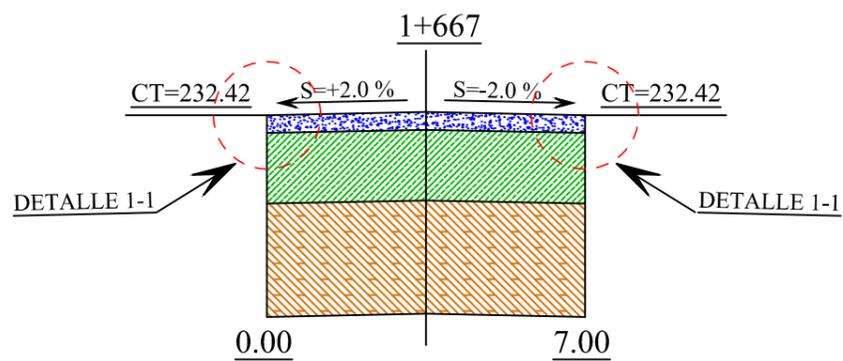
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PERFIL 2-3



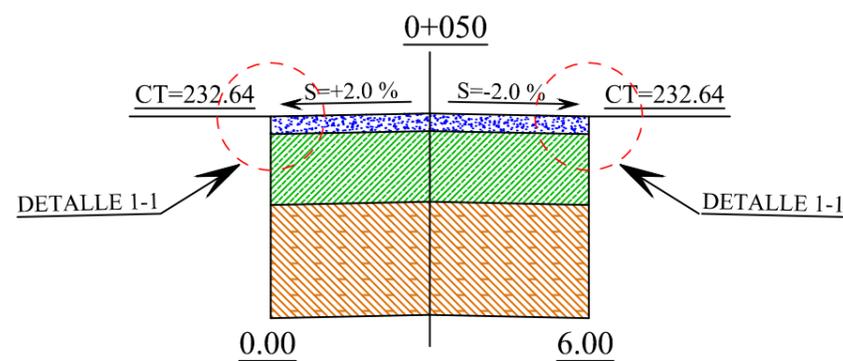
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PERFIL 3-4



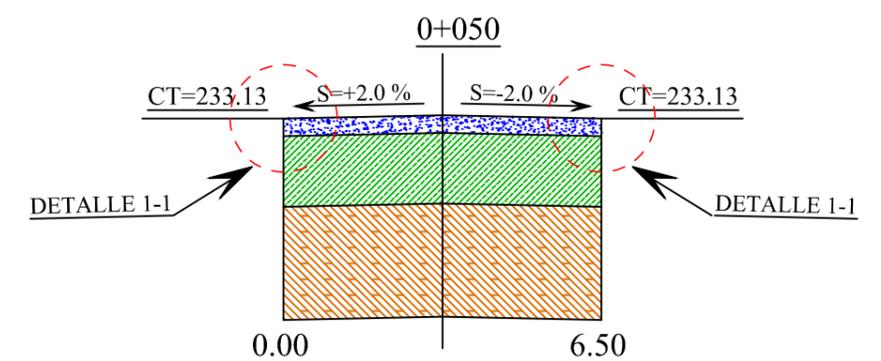
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PERFIL 4-5



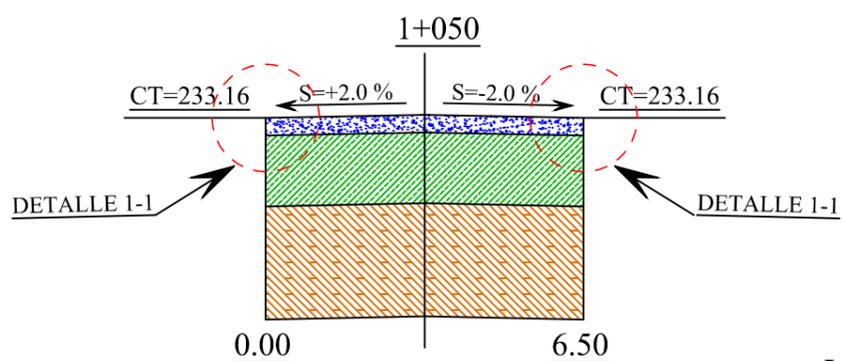
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PERFIL 6-7



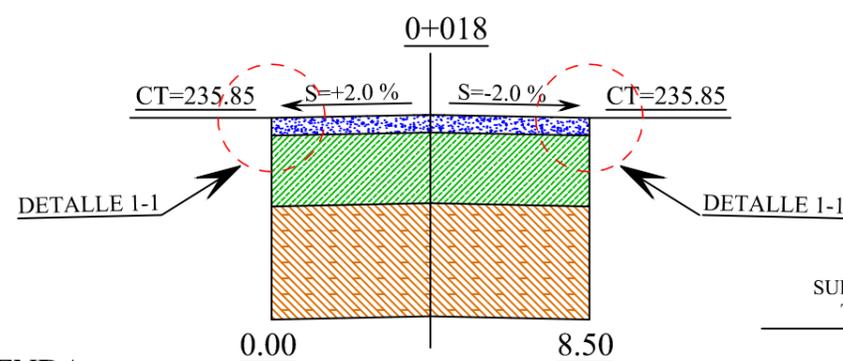
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PERFIL 8-9



SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PERFIL 10-11



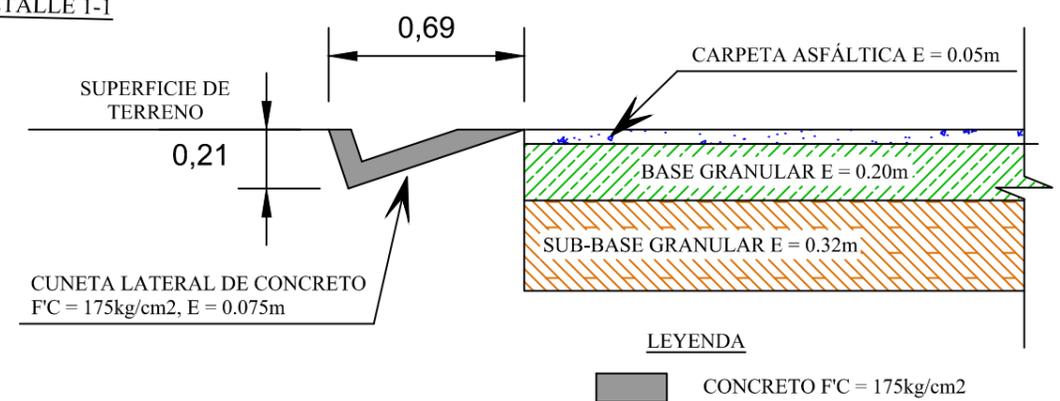
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PERFIL 14-15



LEYENDA

-  CARPETA ASFÁLTICA E=2"
-  CAPA BASE GRANULAR E=0.20m
-  CAPA SUB-BASE GRANULAR E=0.32m

DETALLE 1-1

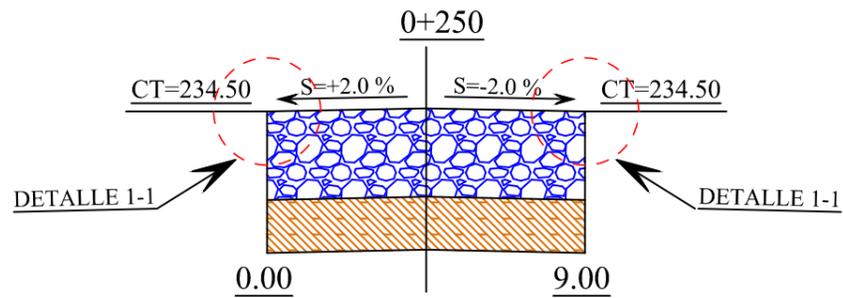


LEYENDA

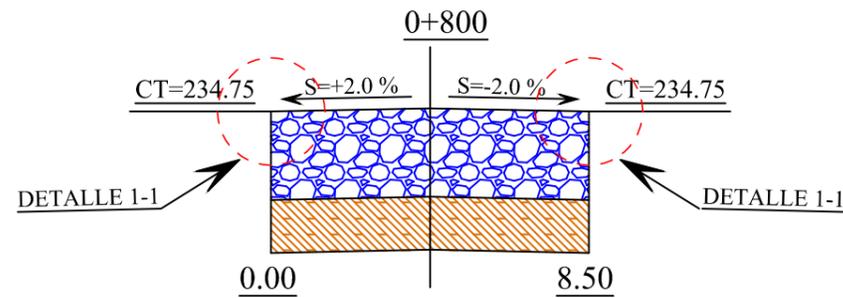
-  CONCRETO F'C = 175kg/cm2



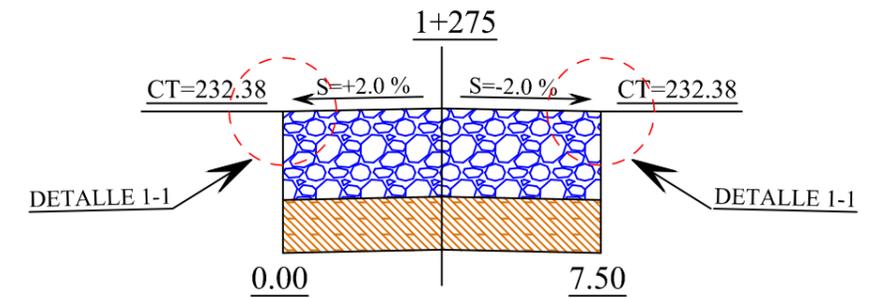
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PERFIL 1-2



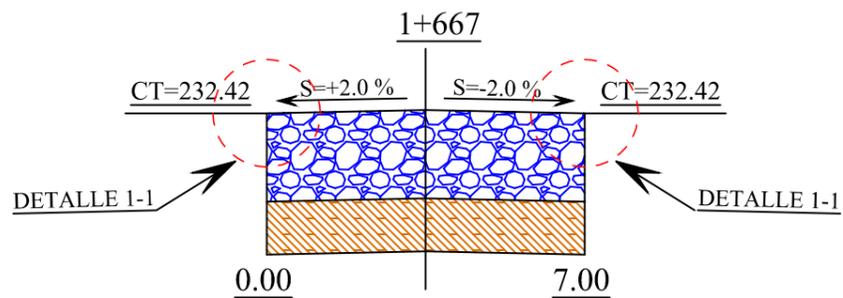
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PERFIL 2-3



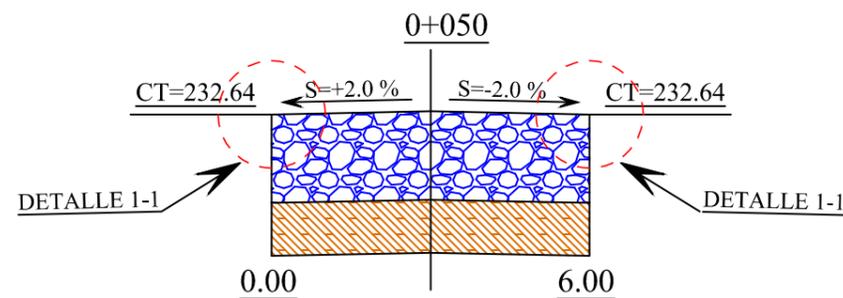
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PERFIL 3-4



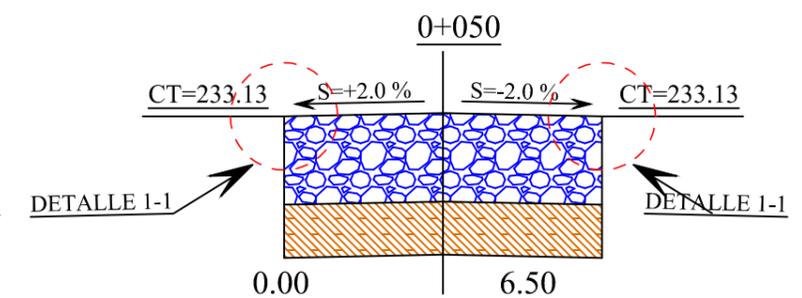
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PERFIL 4-5



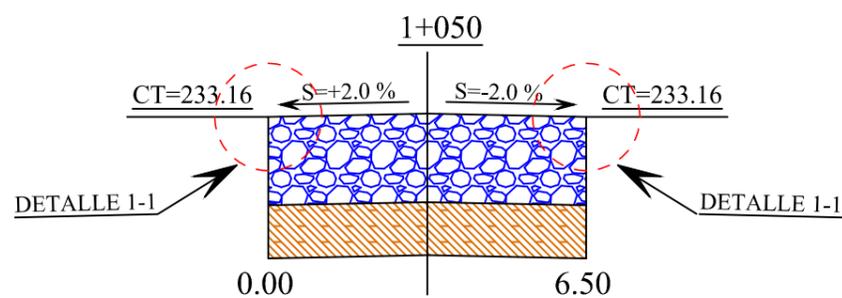
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PERFIL 6-7



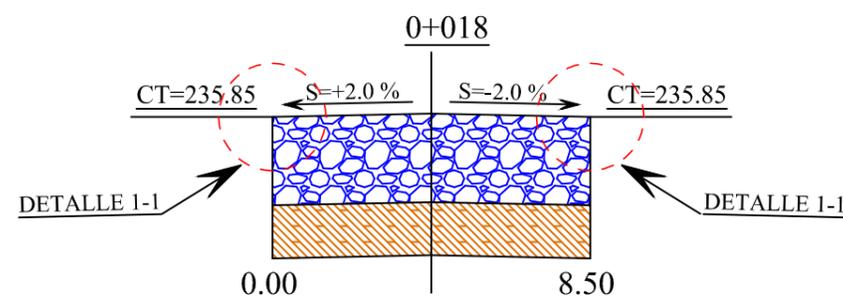
SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PERFIL 8-9



SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PERFIL 10-11



SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PERFIL 14-15



LEYENDA

- LOSA DE CONCRETO E=0.25m
- CAPA SUB-BASE GRANULAR E=0.15m

DETALLE 1-1

