



UNIVERSIDAD PRIVADA TELESUP
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y
DESARROLLO INMOBILIARIO
TESIS
EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO
MEDIANTE EL MÉTODO DEL PCI EN LA AVENIDA
DOMINICOS EN EL DISTRITO DE SAN MARTIN DE
PORRES. LIMA. 2017.

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL

AUTOR
Bach. SANTA CRUZ GONZALES RONNY ROBERTO
LIMA - PERÚ
2017

ASESOR DE TESIS

Ing. ÁNGEL QUISPE TALLA

JURADO EXAMINADOR

Dr. VASQUEZ ROMERO ISSAAK RAFAEL
Presidente

Ing. BRAVO AGUILAR CARLOS ALBERTO
Secretario

Ing. OVALLE PAULINO DENIS CHRISTIAN
Vocal

DEDICATORIA

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo. A mis tíos Ronald, Liliana, Olinda y mi mama Isabel por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera Universitaria.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a todos mis maestros ya que ellos me enseñaron valorar los estudios y a superarme cada día, también agradezco a mis padres porque ellos estuvieron en los días más difíciles de mi vida como estudiante. Estoy seguro de que mis metas planteadas darán fruto en el futuro y por ende me debo esforzar cada día para ser mejor en todo lugar sin olvidar el respeto que engrandece a la persona.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Comprende que las Ideas y Conceptos, del mismo modo que el desarrollo de manera puntual y por medio de estudios anteriormente definidos que se encuentran reforzados en marco conceptual en la presente tesis sobre “EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO MEDIANTE EL MÉTODO DEL PCI EN LA AVENIDA DOMINICOS EN EL DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES. LIMA. 2017.”, en caso preliminar a la obtención del grado de Ingeniería Civil de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Telesup – Lima son de entera atribución de los autores.

Bach. SANTA CRUZ GONZALES RONNY ROBERTO

RESUMEN

Con esta investigación se logrará brindar una mejor calidad de vida a los conductores, pasajeros y las personas que se encuentran en el área de influencia, mejorando el pavimento de este tramo con el pavimento rígido, usando aditivos acelerantes, así lograremos aumentar considerablemente el índice de serviciabilidad y una considerable disminución de costo de mantenimiento del pavimento, debido que este se deteriora menos que uno de asfalto flexible, es más seguro, más duradero y más económico.

La presente investigación se basó en la mejora del índice de serviciabilidad con asfalto rígido y aditivos acelerantes de la Avenida Dominicos en el distrito de San Martín de Porres de Lima.

La Avenida Dominicos fue evaluada con el pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras según el cuadro 4 Índice de condición de pavimento siendo el resultado evaluado “muy mala”.

El nivel de calidad de la transitabilidad vehicular con Asfalto Rígido con aditivos acelerantes de la Avenida Dominicos en el distrito de San Martín de Porres de Lima, se facilitó por a nivel superficial del material de cobertura que varía de arena limosa con presencia de material suelto contaminado, el espesor promedio de esta capa de cobertura está comprendido entre 0.10m y 0.30m.

El nivel de calidad de carpeta de rodamiento de la vía con Asfalto Rígido con aditivos acelerantes de la Avenida Dominicos para mejorar su uso establece que el material de cobertura existente en la actualidad, es un material suelto contaminado, heterogéneo; con presencia de raíces y grama vegetal, siendo necesario eliminar 15 cm de este material, en aquellas zonas donde se presente y a criterio del Supervisor de Obra; el material que quede en la superficie de corte luego de la eliminación.

Palabras Clave: Método PCI, índice de serviciabilidad, pavimento rígido, aditivos acelerantes.

ABSTRACT

This research will be able to provide a better quality of life for drivers, passengers and people in the area of influence, improving the pavement of this section with rigid pavement, using accelerating additives, thus achieving a significant increase in the index of Serviceability and a considerable reduction in the cost of maintenance of the pavement, because it deteriorates less than one of flexible asphalt, is safer, more durable and more economical.

The present investigation was based on the improvement of the serviceability index with rigid asphalt and accelerating additives of Avenida Dominicos in the district of San Martín de Porres de Lima.

The Dominicos Avenue was evaluated with the pavement condition index (PCI) for asphalt and concrete pavements in roads according to Table 4 Paving condition index being the evaluated result "very bad".

The level of quality of vehicular trafficability with Rigid Asphalt with accelerating additives of the Avenida Dominicos in the district of San Martín de Porres de Lima was facilitated by a superficial level of covering material that varies from silty sand with the presence of contaminated loose material , The average thickness of this cover layer is between 0.10m and 0.30m.

The level of quality of the bearing folder of the track with Rigid Asphalt with accelerating additives of the Avenida Dominicos to improve its use establishes that the existing covering material is a contaminated, heterogeneous loose material; With presence of roots and vegetal grass, being necessary to eliminate 15 cm of this material, in those zones where it is present and at the discretion of the Supervisor of Work; The material remaining on the cutting surface after removal.

Keywords: PCI method, serviceability index, rigid pavement, accelerating additives.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
ASESOR DE TESIS	ii
JURADO EXAMINADOR	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	vi
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xvi
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	17
1.1. Planteamiento del problema.....	18
1.2. Formulación del problema.....	18
1.2.1. Problema General.	18
1.2.2. Problemas específicos.	18
1.3. Justificación del estudio	18
1.4. Objetivos de la investigación.....	20
1.4.1. Objetivo General.....	20
1.4.2. Objetivo Específicos	20
II. MARCO TEÓRICO	21
2.1. Antecedentes de la investigación.....	21
2.1.1. Antecedentes nacionales	21
2.1.2. Antecedentes internacionales	39
2.2. Bases teóricas.....	52
2.2.1. Variable independiente: Pavimentos.....	52
2.2.1.1. Dimensión 1: Pavimento rígido	52
2.2.1.2. Dimensión 2: Pavimentos Flexible	54
2.2.1.3. Dimensión 3: Pavimentos Semirrígidos	55
2.2.1.4. Dimensión 4: Pavimentos Articulado.....	56

2.2.2. Variable dependiente: Método de PCI	57
2.2.2.1. Dimensión 1: Índice de Serviciabilidad.....	58
2.2.2.2. Dimensión 2: Fallas del pavimento	60
2.3. Definición de términos básicos	60
2.3.1. Pavimento rígido.....	60
2.3.2. Pavimento flexible (Pavimentos Asfálticos)	61
2.3.3. Pavimentos Semi-Flexibles (intertrabados)	61
2.3.4. AASHTO	61
2.3.5. Pavimentos.....	61
2.3.6. Pérdida de serviciabilidad (Δ PSI)	62
2.3.7. Tipos De Vías	62
2.3.8. Tráfico.....	62
2.3.9. Tránsito.....	62
2.3.10. Índice de Condición del Pavimento (PCI)	62
2.3.11. Costos de una obra	63
2.3.12. Programación de obra.....	63
III. MARCO METODOLÓGICO	65
3.1. Hipótesis de la investigación	65
3.1.1. Hipótesis General.....	65
3.1.2. Hipótesis Específica.....	65
3.2. Variables de estudio.....	65
3.2.1. Definición conceptual.....	65
3.2.1.1. Pavimento	65
3.2.1.2. Método del PCI.....	66
3.2.3. Definición operacional	67
3.3. Tipo y nivel de investigación	68
3.4. Diseño de la investigación para contrastar la hipótesis.....	68
3.5. Población y Muestra	69
3.5.1. Población	69
3.5.2. Muestra	69
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	69
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	70
3.8. Método de la investigación	70
IV. RESULTADOS	72
4.1. Evaluación del Pavimento con el Método del PCI.....	72
4.1.1. Generalidades.....	72

4.1.2. Objetivos del método de PCI.....	73
4.1.3. Criterios de inspección	73
4.1.4. Fallas niveles de seguridad y unidad de medida	74
4.1.4.1. Piel de cocodrilo	74
4.1.4.2. Exudación.....	75
4.1.4.3. Agrietamiento múltiple.....	76
4.1.4.4. Abultamientos y hundimientos	76
4.1.4.5. Corrugación.....	77
4.1.4.6. Depresión.....	78
4.1.4.7. Fisura de borde	78
4.1.4.8. Fisura de reflexión de junta (concreto longitudinales o transversales)	78
4.1.4.9. Desnivel carril - berma	79
4.1.4.10. Fisuras longitudinales y transversales	79
4.1.4.11. Parches y parches de cortes utilitarios	80
4.1.4.12. Agregado pulido	80
4.1.4.13. Baches.....	81
4.1.4.14. Cruce de Ferrocarril.....	81
4.1.4.15. Canalizaciones	81
4.1.4.16. Fisura parabólica o por deslizamiento.....	82
4.1.4.17. Desplazamiento	82
4.1.4.18 . Hinchamiento.....	82
4.1.4.19. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados.....	83
4.1.5. Cálculo del PCI	84
4.1.5.1. Determinación del PCI de la unidad de muestra	84
4.1.5.3. Rango de Clasificación Metodología PCI	85
4.1.6. Diagnóstico de Situación Actual.....	85
4.1.6.1. Tramo 1:	85
4.1.6.2. Tramo 2:	86
4.1.6.3. Tramo 3:	86
4.1.6.4. Tramo 4:	86
4.1.6.5. Tramo 5:	88
4.1.6.6. Tramo 6:	88
4.1.6.7. Tramo 7:	90
4.1.6.8. Tramo 8:	90
4.1.6.9. Tramo 9:	92
4.1.6.10. Tramo 10:.....	94

4.2. Estudio de Suelos.....	96
4.2.1. Ensayos de laboratorio.....	96
4.2.2. Ensayos estándar y clasificación de suelos.....	96
4.2.3. Ensayo de compactación.....	97
4.3. Pavimento Rígido y aditivos acelerantes.....	98
4.3.1. Ubicación del área de estudio.....	98
4.3.2. Trabajos de campo.....	98
4.3.3. Muestreo disturbado.....	99
4.3.4. Diseño del Pavimento Rígido.....	99
4.3.4.1. CBR de diseño.....	99
4.3.4.2. Tráfico de diseño.....	100
4.3.4.3. Periodo de diseño.....	102
4.3.4.4. Tipos de pavimento rígido.....	102
4.3.4.5. Sub base Granular.....	102
4.3.4.6. Resistencia a la Flexotracción del Concreto (MR) y Resistencia.....	103
4.3.4.7. Coeficiente de transferencia de carga (J).....	104
4.3.4.8. Espesor del pavimento.....	104
4.3.4.9. Juntas Longitudinales y juntas transversales:.....	106
4.3.4.10. Juntas Longitudinales.....	107
4.3.4.11. Juntas Transversales.....	107
4.3.4.12. Mecanismos de transferencia de carga.....	107
4.3.4.13. Pasadores o Dowells.....	107
4.3.4.14. Barras de Amarre.....	108
4.3.5. Aditivos acelerantes.....	108
4.3.5.1. Generalidades.....	108
4.3.5.2. Dosificación de aditivo acelerante.....	109
4.4. Resultados estadístico (STATGRAPHICS).....	110
4.4.1. Efectos estimados para ESPESOR (m).....	110
4.4.2. Análisis de Varianza para ESPESOR.....	111
4.4.3. Coeficiente de regresión para ESPESOR.....	113
4.4.4. Matriz de Correlación para los Efectos Estimados.....	115
4.4.5. Resultados Estimados para ESPESOR.....	117
4.4.6. Camino de Máximo Ascenso para ESPESOR.....	118
4.4.7. Optimizar Respuesta.....	120
V. DISCUSIÓN.....	122
5.1. Discusión de la evaluación del Pavimento con el Método del PCI.....	122

5.2. Discusión de los estudios de suelo	122
5.3. Discusión del pavimento rígido y aditivos acelerantes.....	122
VI. CONCLUSIONES	124
VII. RECOMENDACIONES	125
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	126
ANEXOS	129
9.1. Anexo 1 Ensayos de laboratorio.....	129
9.2. Anexo 2 Perfiles Estratigráficos.....	136
9.3. Anexo 3 Tablas Deducir PCI para pavimento rígido.	139
9.4. Anexo 4 Matriz de consistencia del estudio.....	159

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Porcentaje de unidades de muestra con un estado de pavimento muy malo, malo, regular, bueno y muy bueno	33
<i>Figura 2</i> Piel de cocodrilo de nivel de severidad Bajo (a), medio (b) y alto (c)	75
<i>Figura 3</i> Exudación de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c)	76
<i>Figura 4</i> Cálculo del PCI tramo 4	88
<i>Figura 5</i> Cálculo del PCI tramo 6	90
<i>Figura 6</i> Cálculo del PCI tramo 8	92
<i>Figura 7</i> Cálculo del PCI tramo 9	94
<i>Figura 8</i> Cálculo del PCI tramo 10	96
<i>Figura 9</i> Manual de carreteras	105
<i>Figura 10</i> Diagrama de Pareto Estandarizada para ESPESOR	111
<i>Figura 11</i> Gráfica de Efectos Principales para ESPESOR	113
<i>Figura 12</i> Gráfica de Interacción para ESPESOR	114
<i>Figura 13</i> Gráfica de Probabilidad normal para ESPESOR	116
<i>Figura 14</i> Superficie de Respuesta Estimada CBR=208657	118
<i>Figura 15</i> Contornos de la Superficie de Respuestas Estimada CBR=208657 ..	120
<i>Figura 16</i> Gráfica de Residuos para ESPESOR	121

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Piel de cocodrilo.....	139
Gráfico 2 Exudacion de asfalto.....	140
Gráfico 3 Agrietamiento múltiple	141
Gráfico 4 Protuberancias.....	142
Gráfico 5 Corrugaciones	143
Gráfico 6 Depresiones.....	144
Gráfico 7 Agrietamientos de los bordes	145
Gráfico 8 Agrietamiento por reflexión de juntas.....	146
Gráfico 9 Caída de carril/hombro.....	147
Gráfico 10 Agrietamiento longitudinal y transversal	148
Gráfico 11 Parches.....	149
Gráfico 12 Desgaste de los agregados	150
Gráfico 13 Baches.....	151
Gráfico 14 Cruce de ferrocarril	152
Gráfico 15 Canalizaciones.....	153
Gráfico 16 Ondulaciones	154
Gráfico 17 Agrietamiento por deslizamiento.....	155
Gráfico 18 Hinchamientos	156
Gráfico 19 Desgastes y desprendimientos	157
Gráfico 20 Valor deducido corregido	158

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Unidades de muestra en estado malo y muy malo</i>	35
Tabla 2	<i>Índice de serviciabilidad</i>	59
Tabla 3	<i>Grado de la condición del pavimento</i>	59
Tabla 4	<i>Definición operacional de las variables</i>	68
Tabla 5	<i>Índice de condición de pavimento</i>	86
Tabla 6	<i>Relación de calicatas excavadas</i>	99
Tabla 7	<i>Calculo del CBR de diseño</i>	100
Tabla 8	<i>Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2t, en el carril de diseño para pavimentos flexibles, semirrígidos y rígidos</i>	101
Tabla 9	<i>CBR mínimos recomendados para la Subbase granular de Pavimentos Rígidos según intensidad de tráfico expresado en EE</i>	102
Tabla 10	<i>Valor relativo de soporte, CBR en Subbase Granular (*)</i>	103
Tabla 11	<i>Valores recomendados de resistencia del concreto rango de tráfico</i> ..	103
Tabla 12	<i>Valores de coeficiente de transmisión de carga J</i>	104
Tabla 13	<i>Espesores pavimento de concreto</i>	106
Tabla 14	<i>Dimensiones de Losa</i>	106
Tabla 15	<i>Diámetros y longitudes recomendadas en pasadores</i>	108
Tabla 16	<i>Diámetros y longitudes recomendadas en barras de amarre</i>	108
Tabla 17	<i>Efectos estimados para ESPESOR (m)</i>	110
Tabla 18	<i>Análisis de varianza para ESPESOR</i>	111
Tabla 19	<i>Coefficiente de regresión para ESPESOR</i>	113
Tabla 20	<i>Matriz de correlación para los efectos estimados</i>	115
Tabla 21	<i>Matriz de correlación para los efectos estimados</i>	115
Tabla 22	<i>Resultados estimados para ESPESOR</i>	117
Tabla 23	<i>Camina de máximo ascenso para ESPESOR</i>	119
Tabla 24	<i>Optimizar Respuesta</i>	120
Tabla 25	<i>Matriz de consistencia del estudio</i>	159

I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En Guatemala un grupo de transportistas se ha pronunciado sobre el bajo índice de serviciabilidad (Evaluado bajo el método del PCI) de la red vial a nivel nacional esto ocasiona a que más de seis mil unidades estén padeciendo de problemas técnicos, un problema es el mantenimiento que carecen estas vías (al ser de pavimento flexible su costo de mantenimiento es más caro y más constante), un ejemplo claro es en la carretera Jacobo Árbenz Guzmán a la altura del km. 30 en el puente corozal en la comunidad de Agua Caliente del municipio de San Antonio la Paz en el departamento del progreso.

Las vías de transporte nacionales (La Panamericana Sur y norte) se encuentran en mal estado estas vienen afectando nuestras exportaciones. La deficiente infraestructura genera un sobre costo en el precio final de los productos de entre 20% y 40%, concluyó el estudio Muy lejos para exportar, presentado ayer por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

El mal estado del pavimento flexible en que se encuentra la avenida dominicos cada vez va creciendo y esto es debido a distintos problemas, a simple vista se pueden observar daños como agrietamiento por temperatura y agrietamientos tipo piel de cocodrilo, otro factor determinante en la falla de estos tipos de pavimentos (Flexibles) es la mala calidad de la carpeta asfáltica que ya casi no se logra apreciar en varios tramos de dicha avenida por otro lado los malos estudios de suelo cumplen un papel importante en el déficit de los pavimentos todo esto conlleva a un malestar en los conductores, residentes y peatones que transitan por dicha avenida si sumamos el desorden que esto origina más la basura dejada por los ambulante de las de zona genera una mala presencia.

El nivel del índice de serviciabilidad que se presenta actualmente en la avenida dominicos es perjudicial tantos como para el conductor, residente y peatón, esto se debe a que se empelo pavimento flexible; con el empleo del pavimento flexible acompañada de aditivos acelerantes se logrará un enriquecimiento del índice de serviciabilidad.

Existe una gran variedad de problemas en el sistema de transporte en la ciudad de Lima y en muchas otras ciudades del Perú, uno de ellos es la deplorable situación en la que se encuentran los pavimentos, en particular los pavimentos flexibles.

El mal estado de la carpeta asfáltica también arrastra otro problema, debido a que la regularidad del pavimento es inestable esto genera muchos movimientos bruscos en los autos y transporte público ocasionando daños severos en la carrocería y estructura de estos, el cual conlleva a un incremento del mantenimiento y del consumo de combustible.

Cabe resaltar que las autoridades no presentan preocupación alguna para mejorar esta situación ya que el mantenimiento que se le da es nulo.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General.

¿Cuál sería la condición del pavimento de la avenida Dominicos en el distrito de San Martín de Porres de Lima – Perú en el año 2016?

1.2.2. Problemas específicos.

¿Cuál sería la condición del índice de serviciabilidad de la avenida Dominicos en el distrito de San Martín de Porres de Lima – Perú en el año 2016?

¿Cuál sería la condición de las fallas del pavimento de la avenida Dominicos en el distrito de San Martín de Porres de Lima – Perú en el año 2016?

1.3. Justificación del estudio

Con esta investigación se logrará identificar la calidad del pavimento en el tramo a estudiar de la avenida dominicos, para ello se utilizará el método del PCI el cual nos ayudará a indicar las patologías que este padece para así poder tomar acciones. Asimismo, se determinará si el tramo de la avenida dominicos puede facilitar condiciones adecuadas para los aledaños y conductores.

Se hará el diseño de un pavimento rígido, uno de los beneficios de este pavimento es que transmite mejor la carga generada por el tránsito, a comparación del asfalto que tiende a concentrarla, aumentando su resistencia en el tiempo debido también a que resiste los derrames de gasolina y diésel. Por otro lado ayuda al menor costo social, teniendo menor congestión vehicular mayor ahorro de combustible y la contaminación sonora que está acostumbrado esta zona disminuirá drásticamente, así se podrá eliminar el estrés de los conductores y pasajeros que venían siendo afectadas.

Reduciendo el déficit de pavimentos, con la finalidad de mejorar el equipamiento y servicios se fortalecerá el lazo social y la organización local, y mejor la calidad ambiental del entorno. La necesidad de contar con una mejora en la calidad de vida de la población, minimizando los riesgos de accidentes, y mejor transitabilidad de los lugareños es que se hace necesario proyectar dicha obra.

En el momento que se dé la construcción de este pavimento rígido no será un problema de gran envergadura para las personas que viven a los alrededores ni para las personas que pasan por este tramo ya que la construcción de este se realiza 1 km en 3 días a comparación del flexible que es 1 km en 7 días, así la construcción terminara más rápido sin afectar tantos días a los usuarios.

La tesis en margen a todo lo expuesto, llega a la finalidad de mejora no solo en el ámbito constructivo sino también social, cualquier proyecto tiene que llevar a cabo la parte social, sino se presta atención o simplemente no se realiza este ítem, es de más que se realice un proyecto ya que no le darán la aprobación por más que sea un buen proyecto, no se puede dar debido que no se pensó en la sociedad que será afectada en este entorno, las emociones de la gente influyen el proyecto, si se ve que las personas encargadas del proyecto no se preocupan por los pobladores cercanos estos no colaboraran con la tranquilidad de la construcción. Es por ello que una clave importante para que un proyecto se llegue a originar es ver el caso social.

Por otro lado ya teniendo cubierto ese punto, ingenierilmente hablando el pavimento que ahora optamos por mejorar y reemplazar el pavimento flexible, nos da más años de vida mínimamente de 30 años, y por este tiempo la calidad de la

superficie se mantiene, prácticamente se puede decir que conserva la estructura del pavimento y esto es debido que resiste químicos; es prácticamente impermeable, el agua se escurre con facilidad, no es sensible a la intemperie y como ya lo mencionamos a un comienzo de este punto es mejor su distribución de presiones a los suelos de apoyo, soporta sobrecargas imprevistas y tráfico intenso.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

Identificar la condición del pavimento de la avenida Dominicos en el distrito de San Martín de Porres de Lima – Perú en el año 2016.

1.4.2. Objetivo Específicos

Establecer la condición del índice de serviciabilidad de la avenida Dominicos en el distrito de San Martín de Porres de Lima – Perú en el año 2016.

Establecer la condición de las fallas del pavimento de la avenida Dominicos en el distrito de San Martín de Porres de Lima – Perú en el año 2016.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes nacionales

Rengifo (2014), en su tesis de la Pontificia Universidad Católica del Perú titulada “*Diseño de los pavimentos de la nueva carretera panamericana norte en el tramo de huacho a Pativilca (km 188 a 189)*,”; indica que: La nueva carretera Panamericana Norte se encuentra al norte de Lima. Actualmente el tramo de Ancón – Huacho – Pativilca se encuentra en concesión a Norvial S.A. En esta tesis se realiza el diseño del pavimento de un kilómetro de esta carretera en el tramo de Huacho a Pativilca. Específicamente, según el temario del tema de tesis el kilómetro designado por el asesor fue del 188 al 189. La carretera Huacho – Pativilca tiene 57 kilómetros de longitud y conecta las ciudades de Huacho, Huaura, Medio Mundo, Supe, Barranca y Pativilca. En general, la Panamericana Norte es una carretera interprovincial que conecta todos los departamentos de la Costa. El tramo de estudio de esta tesis une a las provincias de Barranca y Huaura. Cabe resaltar que entre las particularidades de la zona se incluye el tránsito de gran porcentaje de vehículos pesados. Además, presenta un clima templado y con pocas precipitaciones. Se procede con el diseño del pavimento tanto flexible como rígido. Para el tipo flexible se utiliza la metodología de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y la del Instituto del Asfalto (IA), mientras que para el rígido se utiliza también la de la AASHTO y la de la Portland Cement Association (PCA). Por último, una vez obtenidos los diseños definitivos para los dos tipos de pavimento se procede a una comparación económica del costo inicial de construcción de esta estructura. Las conclusiones a las que se llega en la presenta tesis son:

Del estudio de tráfico se concluye que el Índice Medio Diario Anual hallado a partir de los datos proporcionados por el MTC era 8,702 vehículos por día. Por otro lado, el número de ejes equivalentes de diseño es $4.1E+07$ para el pavimento flexible y $6.6E+07$ para el pavimento rígido. No obstante, es necesario recalcar que el factor de crecimiento del tráfico estimado puede ser en realidad mayor con el

paso de los años debido al progreso actual de nuestro país y a las recientes demandas de transporte por parte del sector minero, agrícola, etc. Es por ello que sería aconsejable realizar un monitoreo continuo del tráfico y del peso máximo permitido por eje de cada vehículo, de tal manera que se intente no someter al pavimento a una carga mucho mayor a la esperada que pueda traducirse en fallas estructurales.

Del estudio de suelos, se obtuvo que el material de la subrasante era una arcilla de baja plasticidad (CL) según SUCS o A-6 (9) según AASHTO, con un índice de plasticidad de 12, un porcentaje pasante de la malla 200 de casi 84% y un valor de CBR de 7%.

Del estudio pluviométrico se puede concluir que el clima de la zona es árido, semicálido y húmedo con deficiencia de lluvias. Además, la temperatura promedio del aire se encuentra entre 16 y 18°C. El mes más lluvioso del año es agosto, donde llueve todo el mes (30 días). Por otro lado, la precipitación máxima anual registrada fue de tan sólo 11.8 mm de agua.

Del estudio de canteras y fuentes de agua, la cantera cuyo material cumple las especificaciones es la del Río Pativilca tanto para base como subbase. En esta cantera dos de las muestras obtenidas cumplen con la granulometría requerida, así como con los otros requerimientos.

Por otro lado, el agua del Río Pativilca cumple con las condiciones necesarias para ser usada en el proceso constructivo de la carretera.

Del diseño podemos concluir que, si bien las tres metodologías presentadas en esta tesis son aplicables, los resultados obtenidos varían debido al enfoque que presenta cada una de ellas.

Por ejemplo, para pavimento rígido, mientras que la metodología de la PCA contempla análisis por fatiga y por erosión, el método de la AASHTO sólo toma en cuenta el número total de ejes equivalentes que transitan por la vía y los niveles de serviciabilidad requeridos al inicio y al final de la vida útil del pavimento. Los espesores de las capas del pavimento halladas por el primer método son menores

que por el segundo. Este diseño pudo haberse obtenido justamente por el análisis más detallado de los tipos de falla. Es así que mientras con la PCA se alcanzó un espesor de losa de concreto de 30 cm para una base de 15 cm, con la AASHTO se necesita de 33 cm de losa para satisfacer las mismas condiciones.

Por otra parte, en cuanto a los pavimentos flexibles se puede decir que el método del Instituto del Asfalto es más directo ya que se utilizan ábacos de diseño. El método de la AASHTO arroja un valor de número estructural del pavimento menor que el método del IA. Debido a este hecho, los espesores obtenidos con la segunda metodología son mayores.

Finalmente, se optó por el diseño de la PCA para el pavimento de tipo rígido y por el de la AASHTO para el flexible. Para ambas opciones existían diversas alternativas, las cuales fueron analizadas en el capítulo de análisis económico.

En cuanto al análisis de costos, se encontró que la alternativa más económica era la del pavimento flexible con carpeta asfáltica de 10 cm, base de 40 cm y 45 cm de subbase. Esta opción representaba un ahorro de S/. 260,000 o 19% aproximadamente en la construcción inicial respecto al pavimento rígido. Es importante tomar en cuenta que se trata del diseño de un solo kilómetro, la carretera está compuesta de decenas de kilómetros por lo que el ahorro se multiplica significativamente.

El presupuesto final para esta alternativa fue de 1.54 millones de soles de los cuales el 58% constaba sólo del material y la colocación de la carpeta asfáltica por lo que un espesor reducido de esta se traduce en un gran ahorro.

Los resultados económicos de esta tesis se basan solamente en la etapa constructiva y se recomienda para un análisis más exhaustivo tomar en cuenta la etapa de operación y mantenimiento. Normalmente el deterioro en un pavimento flexible se produce más rápidamente y en forma más severa que en el rígido. Consecuentemente, aunque el costo inicial de la construcción del pavimento flexible sea menor que el del rígido, los tratamientos a los que tiene que ser sometido y la prontitud a la que tienen que llevarse a cabo pueden significar un incremento en el costo final.

Es importante acotar que el diseño de esta tesis se basó en la metodología de la AASHTO de 1993; sin embargo, se desarrolló un nuevo método en la guía provisional de la AASHTO 2008, la cual tiene algunas otras consideraciones. Sería recomendable que alguna otra tesis se base en el diseño aplicando esta nueva metodología y poder comparar resultados.

Asimismo, las metodologías presentadas en este documento no son las únicas existentes actualmente, se podría diseñar tomando en cuenta más de tal modo de realizar una mejor comparación de resultados, como por ejemplo las metodologías empíricas mecánicas que aplican la teoría elástica para modelar las capas del pavimento.

A lo largo de la elaboración de esta tesis se ha podido constatar el gran número de variables presentes en las diversas metodologías de diseño para cada uno de los tipos de pavimento existentes. Realizar un análisis de sensibilidad de estas variables podría ayudar a determinar cuáles son las más influyentes y en caso de que falten datos saber cuáles podrían ser asumidos sin afectar significativamente el diseño final.

Vidal (2016), en su tesis de la Pontificia Universidad Católica del Perú titulada "*Medición y comparación de la rugosidad en pavimentos de la ciudad de Huánuco: mediante smartphone y un método tradicional*"; indica que: En la actualidad en el Perú, el transporte es una actividad importante que forma parte del sector comercial, industrial y turístico. Es por ello que las carreteras y el estado en el que se encuentran influyen directamente en la economía del país. De igual manera, para cuantificar y determinar el estado de sus calzadas existen dos alternativas: el índice de serviciabilidad actual (ISA) y el índice de rugosidad internacional (IRI). El primero es un parámetro subjetivo; mientras que el segundo es uno objetivo y calculado a partir de fórmulas planteadas por el Banco Mundial. Para determinar el IRI existen muchos métodos y equipos diversos, uno de ellos es el Roadroid, una aplicación desarrollada para teléfonos inteligentes que permite analizar el estado de las calzadas. En la presente tesis se utiliza esta aplicación para determinar la condición de las calzadas de las carreteras de la ciudad de Huánuco y sus alrededores, resaltando sus ventajas y comparando los resultados

proporcionados con la condición observada en campo. Se determinó que las calzadas de Huánuco tienen un IRI promedio de 5.96; la carretera “la colectora”, un IRI de 6.6; y la carretera central tramo Huánuco – Tingo María, un IRI de 5.85. Mientras que las calzadas de las carreteras al aeropuerto y a la cueva de las lechuzas tienen un IRI promedio de 1.64 y 1.8 respectivamente. Asimismo, se determinó que el cIRI y el eIRI se asemejan y tienen una relación lineal a partir de velocidades mayores o iguales a 67 Km/h. Por último, se observó que el Roadroid proporciona valores de eIRI y cIRI parecidos al IRI obtenido utilizando mira y nivel, pero con un rendimiento superior. Las conclusiones a las que se llega en la presente tesis son:

A partir de los resultados mostrados se puede concluir que, en la ciudad de Huánuco, la mayor parte las calzadas presentan desgaste e irregularidades, por lo que su IRI es elevado (5.96). Esto se puede explicar debido a que el clima es más agresivo en comparación a otras ciudades del país. En temporadas de lluvias, estas suelen desgastar el pavimento e incrementar el IRI con el paso del tiempo.

Lo mismo sucede con sus alrededores, como en el caso de la carretera “la colectora” y la carretera central (tramo Huánuco-Tingo María). Ambas presentaron un IRI elevado (6.6 y 5.85 respectivamente), ocasionado por las lluvias y los Huaycos, que tienden a ser un problema que suele ocurrir cada año, ocasionando daños a la carretera, por lo que encontrar desgastes e imperfecciones superficiales mientras se recorre estas calzadas suele ser común.

En el caso de la carretera al aeropuerto y la carretera a la cueva de las lechuzas, en ambas se realizaron trabajos de mantenimiento recientemente, por lo que encontrar un IRI bajo (1.64 y 1.8 respectivamente) era de esperarse. Cabe recalcar que en el caso de la carretera al aeropuerto se consideró el valor de 1.64, pues este valor se obtuvo despreciando los rompe muelles y badenes, los cuales tienen una gran influencia en los resultados finales y no son factores a considerar para el cálculo del IRI, pues no son irregularidades ni imperfecciones superficiales de las calzadas.

Se demostró que el roadroid proporciona valores parecidos a los que se obtiene usando mira y nivel, pero de manera mucho menos compleja. También se

puede aseverar que el roadroid no tiende a incrementar demasiado el IRI producto de las variaciones de pendiente ni al inicio de la recolección de datos, por lo que sería más ventajoso usarlo en carreteras con pendiente variable y en tramos largos. De igual manera, las horas hombre empleadas con el roadroid son mucho menores a las empleadas usando mira y nivel, por lo que el rendimiento de este programa es mejor. Además, se observó que el IRI obtenido a partir de datos recolectados con mira y nivel tiende a estabilizarse y se parecen a los valores obtenidos con roadroid.

Asimismo, se comprobó que el roadroid proporciona valores de cIRI más parecidos al eIRI si la velocidad aumenta. A partir de la figura 86 se puede deducir que con velocidades mayores o iguales a 67 Km/h, la relación se hace más tangible y se podría aseverar que existe como tal. Es decir que, a mayores velocidades, el cIRI y el eIRI se asemejan más. Sin embargo, también se pudo notar que el cIRI a veces difiere mucho del eIRI cuando el IRI de la carretera es elevado, es decir, cuando la pista presenta un gran número de irregularidades superficiales.

Igualmente, cabe recalcar que, pese a que Huánuco se encuentra a una altura de 1912 msnm aproximadamente, el Roadroid no presentó problema alguno en su funcionamiento durante las recolecciones de datos efectuadas.

Montoya (2007), en su tesis de la Universidad Ricardo Palma titulada “*Implementación del sistema de gestión de pavimentos con herramienta hdm-4 para la red vial nro. 5 tramo ancón – huacho – pativilca*”; En la presente tesis se presenta: La Implementación del Sistema de Gestión de Pavimentos, proyecto que se originó debido a la necesidad de organizar los trabajos de mantenimiento que venían realizándose años anteriores, los cuales fueron elaborados sin tener en cuenta las proyecciones al futuro, tan solo para que la Red cumpla con los límites admisibles que son evaluados anualmente. Se eligió como herramienta de apoyo al software HDM-4, debido a que este ha abarcado gran mercado en el mundo de la evaluación técnico económica de las vías, tanto afirmadas como asfaltadas. Además, la operación de dicho programa ya era conocido en el medio, consultores e incluso los mismos responsables del Sistema de Gestión de Carreteras del MTC vienen capacitándose e implementando su base de datos a esta herramienta. Para

cumplir con la Implementación, era necesario redactar el marco teórico, no sólo para enmarcar la parte técnica y la lógica para el desarrollo del trabajo, sino para definir desde sus principios, lo que es un sistema de gestión de pavimentos, definición que es todavía ambigua para algunos profesionales de la carrera. La tesis inicia su detalle, explicando la relación entre los Sistemas de transporte y la dinámica del desarrollo social, como la categoría de una carretera debe ir creciendo en función a la demanda del tránsito, que está en función del desarrollo del comercio. Seguidamente se da una breve referencia sobre los pavimentos asfálticos, punto necesario ya que el pavimento asfáltico constituye la infraestructura que se va a evaluar. Posteriormente se da una reseña de la conceptualización del sistema de gestión de pavimentos, como es que esta frase va tomando forma a medida que se va analizando cada una de sus palabras conformantes, se incluye conceptos básicos de ingeniería de sistemas y de administración. Asimismo, se enmarca la reglamentación ASTM 1166-00, la cual da las pautas para la implementación del mismo. Se da una breve explicación, del Sistema de Gestión de Carreteras del MTC, el cual trabaja con su propio software de administración, el Route2000. El capítulo más extenso está dedicado a la Parte técnica, la cual está separada en ensayos que determinan la Suficiencia Funcional, Estructural, de Drenaje y Condición de Seguridad. Seguido a estos capítulos, se detallan las técnicas de Conservación, lo cual era necesario repasar para tomar criterio al momento de elaborar las Actividades de Conservación en el modelo. No se pudo dejar de lado la Evaluación Económica, la interpretación de sus parámetros, y su influencia en la toma de decisiones que lleven a la optimización de los recursos. El último capítulo de la parte teórica fue dedicado a la herramienta HDM-4, como es que se llega a desarrollar el programa y la misión de la misma. Se detalla la estructura y cuál es la lógica para evaluar los pavimentos. El Capítulo VII detalla la metodología y criterios a seguir para la recolección de datos, obtención de tramos homogéneos y sus respectivos parámetros representativos. El capítulo VIII contempla el manejo de la herramienta HDM-4 aplicada a la gestión de Pavimentos de la Red Vial Nro.5, en ella se presenta la elaboración de un análisis técnico económico para la obtención de la Inversión Total en un periodo de 15 años, asimismo se explica la problemática de usar el HDM-4 para el manejo a Nivel de Proyecto de la Red Evaluada. El Capítulo IX detalla cómo

se planteó utilizar una metodología alterna, para conocer el Plan de Mantenimiento a seguir hasta el 2019 del Tramo II. Este análisis fue elaborado a Nivel de Proyecto. Las conclusiones a las que se llega en la presenta tesis son:

Se ha Implementado el Sistema de Gestión de Pavimentos, adaptando la base de datos a la nueva monumentación y con formatos flexibles que permiten procesar la información para un mejor entendimiento. Además, se han estandarizado los procedimientos de recolección de datos de campo.

Con la Implementación del Sistema de Gestión de Pavimentos, se ha conseguido obtener los tramos homogéneos de la Red Vial Nro.5, los que se deberán respetar durante todo el horizonte de concesión. Deberán respetarse también las metodologías de recolección de datos, de esta forma podemos acceder a data estadísticamente comparable.

Queda definido que un sistema de gestión de pavimentos en nuestro caso es un conjunto de actividades sistematizadas y estandarizadas, cuyo objetivo es la optimización de resultados contractuales y económicos en la planificación de planes de mantenimiento y la evaluación continua del pavimento para su seguimiento y mejora continua.

Para la Implementación de un Sistema de Gestión de Pavimentos no hace falta un software desarrollado para preparar y gestionar los datos a evaluar; en la presente tesis se elaboró hojas Excel para la recolección, preparación y procesamiento de datos para la alimentación de la Base de Datos del HDM-4, la cual colaboró con el análisis de la evolución del deterioro.

Considero idóneo el relacionar el trazo del tramo con los parámetros contractuales modelados, ya que es una ayuda rápida para tramificar y saber elegir que intervención aplicar para reducir la progresión de los deterioros relacionados.

Se debe dejar claro que el programa HDM-4 no es un sistema de gestión de pavimentos; sino tan solo una herramienta de apoyo para calcular la evolución del deterioro del pavimento. Se utiliza el Análisis de Estrategia para poder determinar

grosso modo las distribuciones de las inversiones anuales y determinar una fecha aproximada de intervención de cada tramo.

Se utiliza el Análisis de Proyecto, para optimizar la estrategia y las actividades que conforman el Plan de Mantenimiento, asimismo todo este proceso se analiza para cada tramo independientemente.

Con respecto al error encontrado en el programa HDM-4, este no puede solucionarse debido a que es propio del sistema, sin embargo, se deberá investigar si la Versión 2.0 del HDM-4 ya planea la corrección de este error.

Con respecto a la ecuación de modelación de evolución de la Pérdida de Fricción, en la versión 1.3 del HDM-4 fue planteado solo tomando en consideración el incremento del tránsito, considero que para futuras versiones debe incluirse como factor de incidencia la geometría del tramo; porque a mi parecer está determinado que la torsión afecta considerablemente en el deterioro de este parámetro.

Debería plantearse para futuras versiones la obtención del Número Estructural Calculado con deflexiones máximas FWD, tomando en cuenta los datos del Área de Cuenco de Deflexiones; la combinación de estos para el cálculo del Número Estructural, nos da valores más precisos e inclusive podemos llegar a tener datos de la propia subrasante.

En el cálculo de la Inversión por años se obtuvo 1'741 700.00 US\$; considero que tomando en cuenta que el Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento no fue modelado esta cifra debe redondearse a 2'000 000.00 US\$. La necesidad de requerir o no más dinero ya se verá reflejado en los análisis de Proyecto para elaborar los Planes de Mantenimiento de los Tramos.

El SlurrySeal Tipo III es un mortero asfáltico optimizado recién el año de la redacción de la presente tesis, por lo cual no se tiene datos sobre su resistencia a la pérdida de fricción, pero si se tiene estandarizado que su valor inicial es igual a 0.80.

Medina Palacios y De la Cruz Puma (2015), en su tesis de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas titulada "*Evaluación superficial del pavimento*

flexible del jr. José Gálvez del distrito de lince aplicando el método del PCI"; la presente tesina consiste en: La aplicación del método PCI para determinar el Índice de Condición de Pavimento en el Jr. José Gálvez. Exactamente 6929.25 m² o 842.20 metros lineales de pista de concreto asfáltico han sido estudiados a detalle para identificar las fallas existentes y cuantificar el estado de la vía. La tesina se ha dividido en seis capítulos. En el primer capítulo se titula planteamiento metodológica, donde se describe el problema, los objetivos, la justificación, la hipótesis y la metodología de trabajo a utilizar. En el segundo capítulo se define el concepto de pavimento, tipos, comportamiento de los pavimentos y termina con el tema de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos. El tercer capítulo se describe en que consiste una evaluación de pavimentos y que tipos existen. El cuarto capítulo describe las fallas más comunes, los niveles de severidad, forma de medición y las medidas de reparación de los pavimentos flexibles. En el quinto capítulo se explica el método de PCI, dando una definición de este, los materiales e instrumentos usados, el procedimiento de inspección y el cálculo del PCI de un pavimento flexible. En el último capítulo se describe la zona de estudio y se presenta la aplicación del método del PCI a una vía. Se realiza un análisis a los resultados y se propone un presupuesto de mantenimiento y rehabilitación del pavimento evaluado. Se finaliza dando las conclusiones y recomendaciones. Las conclusiones a las que se llega en la presenta tesis son:

El estado del pavimento flexible del Jr. José Gálvez es regular para las secciones identificadas. El pavimento flexible del Jr. José Gálvez actualmente está apto para brindar adecuadas condiciones para los usuarios.

Las condiciones de pavimento malo, regular y bueno predominan en el Jr. José Gálvez. Siendo la condición mala la de mayor proporción con 39%, seguido con 26% el estado regular y 22% el estado bueno. El resto de condiciones se presentan en proporciones menores o igual a 5%. No existiendo ninguna unidad de muestra en condiciones de excelente.

Las fallas identificadas en la vía evaluada son las siguientes: Piel de cocodrilo, fisura en bloque, fisuras longitudinal y transversal, parches y corte

utilitario, agregado pulido, huecos o baches, ahuellamiento y por último peladura por interperismo y desprendimiento de agregados.

El costo de mantenimiento y rehabilitación del Jr. José Gálvez evaluado es de 135,534.27 nuevos soles, con lo cual se logra pasar el pavimento de una condición regular a excelente.

La ratio de costo por m² de área del Jr. José Gálvez evaluado para pasar el pavimento de una condición regular a excelente es de 19.56 nuevos soles/m².

Se recomienda realizar un aforo para identificar la carga vehicular que transita sobre la vía evaluada y obtener resultados más precisos en el momento de definir las secciones.

El distrito de Lince cuenta con pavimentos flexibles y rígidos, por lo cual se recomienda aplicar el método del PCI para el caso de pavimentos de rígidos, a manera de generar fuentes de información para este tipo de capa de rodadura.

Se recomienda realizar trabajos de mantenimiento y rehabilitación inmediatamente debido a que la proporción de unidades de muestreo en condición buena es 22% y regular es 26%, siendo considerables estos valores y sabiendo que los costos serán mayores si se dejan sin intervención. Asimismo, existe 1 unidad de muestra en condición fallada y otra en condición muy mala. Ambas deberían ser rehabilitadas y la condición final global de la vía mejoraría.

Se recomienda realizar una inversión para adaptar la norma ASTM relacionada al PCI a la realidad peruana. En las vías urbanas peruanas existen restos de concreto en los pavimentos dejados por construcciones informales, gibas de velocidad y otras características que ameritan una adaptación. Por suerte es la vía evaluada no se tuvieron este tipo de diferencias.

Rodríguez (2009), en su tesis de la Universidad de Piura titulada "Cálculo del Índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis Montero, distrito de Castilla"; La presente tesis tiene como objetivo: Aplicar el método PCI para determinar el Índice de Condición de Pavimento en la Av. Luis Montero. Mil doscientos metros lineales de pista han sido estudiados a detalle para identificar

las fallas existentes y cuantificar el estado de la vía. La tesis se ha dividido en cinco capítulos. El primero es el marco teórico, donde se define el concepto de pavimento, su clasificación y se explica la problemática que se vive en Piura. El segundo capítulo trata de las fallas más comunes que afectan a los pavimentos urbanos flexibles. En el tercero, se explica el procedimiento del método: el muestreo de unidades, el cálculo del PCI, los criterios de inspección, etc. En el capítulo cuatro, se describe la zona de estudio y se detalla el procedimiento de inspección realizado. En el último capítulo se presentan las hojas de registro, con el respectivo cálculo del índice de condición de pavimento para cada unidad de muestra analizada. Se concluye que la Av. Luis Montero tiene un pavimento de estado regular, con un PCI ponderado igual a 49. Esta condición del pavimento se debe gracias a las obras de reparación realizadas el año 2008 que han aminorado la formación de fallas estructurales, dañinas para el pavimento. La mayoría de fallas fueron fallas de tipo funcional, que no afectan al tránsito normal de vehículos, no es necesario disminuir la velocidad libre y no son percibidas por el conductor, pues no causan daños estructurales. Finalmente, aunque no es objetivo de la tesis, se han recomendado algunas técnicas de reparación, de acuerdo a las fallas detectadas, para restituir la carretera a su estado original. Las conclusiones a las que se llega en la presente tesis son:

Se ha determinado el estado en que se encuentra la red de pavimento flexible de la Av. Luis Montero, que consta de dos tramos de 600 metros lineales cada uno (de acuerdo a los dos sentidos de vía existentes). El tramo 1 se divide en 3 secciones, mientras que el tramo 2 tiene una sola sección. Se inspeccionaron un total de 32 unidades de muestra (16 por tramo) obteniendo los siguientes resultados (ver gráfico 01): El 37% del total de unidades de muestra inspeccionadas presentan un estado de pavimento regular (PCI entre 40 y 55); después le sigue un 33% de unidades en buen estado (PCI entre 55 y 70); un 15%, en estado malo (PCI entre 25 y 40) y un 9% de muy mala condición (PCI entre 10 y 25). Finalmente, un 6% hace referencia a unidades de muestra con un pavimento de muy buen estado (PCI entre 70 y 85). No se encontraron pavimentos fallados (PCI entre 0 y 10) ni excelentes (PCI entre 85 y 100).

Condición del Pavimento en la Av. Luis Montero

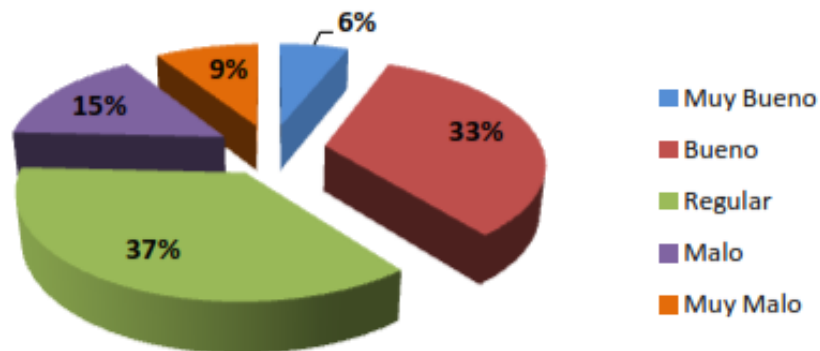


Figura 1 Porcentaje de unidades de muestra con un estado de pavimento muy malo, malo, regular, bueno y muy bueno

Fuente: Rodríguez (2009)

El estado del pavimento de cada unidad de muestra, define la condición del pavimento de las secciones y de los tramos. Las secciones 1 y 4, obtuvieron un PCI de 51 y 43 respectivamente, lo que corresponde a un estado regular. Las demás secciones alcanzaron un PCI de 60 (sección 2) y 56 (sección 3), que quiere decir un pavimento de condición buena. Agrupando los resultados en tramos, el tramo 1 (U1 - U16) presenta un PCI de 56, pavimento bueno; y el tramo 2 (U17-U32), un PCI de 43, pavimento regular. Finalmente, tomando todas las unidades de muestra sin distinción de tramos, se calcula el PCI ponderado de los 1200 metros de la Av. Luis Montero, resultado igual a 49, es decir, que el estado real del pavimento de la vía analizada, es regular. Esta condición del pavimento se debe gracias a las obras de reparación realizadas el año 2008 (bacheos y riego de liga en determinadas áreas) que han aminorado la formación de fallas como fisuras, baches, depresiones, etc. mejorado la calidad del pavimento. Esto también ayudó a que no se registraran fallas como piel de cocodrilo, que suelen ser muy dañinas para el pavimento.

Las fallas más frecuentes encontradas son la peladura y la corrugación, ambas de nivel de severidad bajo. Todas las 32 unidades de muestra presentaron estos dos tipos de falla, pero con densidades variables. Esto ayudó a que el PCI

tenga un estado regular porque estas fallas no afectan al tránsito normal de vehículos. Las vibraciones dentro del vehículo son mínimas y no es necesario disminuir la velocidad. La peladura y la corrugación, no son percibidas por el conductor, pues no causa incomodidad.

A mayor valor deducido, mayor es el daño que las fallas producen al pavimento pues este valor indica el grado en que cada combinación de deterioro, nivel de severidad y cantidad, afectan a la condición del mismo. Por el contrario, un valor deducido de cero, quiere decir que el tamaño de la falla dentro de la unidad de muestra es despreciable, o muy pequeña como para ejercer un daño significativo al área de estudio. Los baches de mediana severidad de la unidad de muestra U25, originan el máximo valor deducido registrado de 61.7. Le siguen los baches de severidad alta de las unidades U14 y U20, con un valor deducido de 49.9. Por último, en la unidad de muestra U7, la depresión de mediana severidad tiene un valor deducido de 42.5 y de igual manera es una de las tres fallas que más afecta al pavimento. Las densidades más bajas registradas fueron de los parches de baja severidad localizados en las unidades de muestra U7, U9 con valores de 0.004% y U3 con 0.005%. Además, con densidades de 0.01% se encontraron desplazamientos y fisuras parabólicas ambas de baja severidad, en las unidades U3 y U15 respectivamente.

En aquellas unidades de muestra donde se encontraron fallas estructurales (tales como baches, todo tipo de fisuras, depresiones y parches) con densidades mayores a 0.1% como mínimo, el valor del PCI obtenido fue bajo, es decir, el estado del pavimento era malo. No importa el nivel de severidad que tengan, incluso un nivel bajo causa un daño significativo a la pista. Este tipo de fallas afectan tanto a la estructura del pavimento (capas del paquete estructural) como a la serviciabilidad del mismo, pues el usuario no se siente cómodo ni seguro, al transitar sobre el pavimento deteriorado

En las unidades de muestra donde se encontraron fallas funcionales (exudación, peladura), es necesario que las densidades sean elevadas y las fallas de alta intensidad, para que influyan en el deterioro del pavimento. Por el mismo hecho de ser fallas funcionales, es decir, de afectar sólo la serviciabilidad de la vía,

no producen daño importante en las capas del paquete estructural. Si una falla funcional de baja severidad afecta a toda una unidad de muestra, el usuario puede transitar sobre el pavimento, sin mucha incomodidad.

Para mejorar el PCI promedio de una sección, de un tramo o de la avenida en general, es necesario incrementar el PCI individual de las unidades de muestra en peor estado a través de determinadas técnicas de reparación. En la tabla 1, se presenta un resumen de las unidades de muestra en peor estado (PCI < 40), con las fallas que mayor daño producen al pavimento.

Tabla 1 *Unidades de muestra en estado malo y muy malo*

Unidad de muestra	Progresivas	Fallas	Severidad	Cantidad
U14	0+487.5	13.Baches	Alta	2 baches
	0.+525.0	6.Depreciones	Baja	37.10m2
		5.Corrugaciones	Baja	53.80m2
U19	0+675.0	4.Abultamientos	Alta	3.00ml
	0+712.5	11.Parches	Alta	7.26m2
		5.Corrugaciones	Baja	65.00m2
U20	0+712.5	13.Baches	Alta	2 baches
	0+750.0	13.Baches	Media	3.60 Bache
		5.Corrugaciones	Baja	73.80m2
U22	0+787.5	6.Depreciones	Baja	94.25m2
	0+825.0	13.Baches	Alta	1 bache
		5.Corrugaciones	Baja	155.55m
U23	0+825.0	13.Baches	Media	4 bache
	0+862.5	13.Baches	Alta	1 bache
		6.Depreciones	Baja	59.85 m2
U24	0+862.5	5.Corrugaciones	Baja	198.25m
		6.Depreciones	Baja	59.85m2
	0+862.5	5.Corrugaciones	Baja	201.30m

	0+900.0	6.Depreciones	Baja	70.00m ²
		13.Baches	Media	9 baches
U25	0+900.0	6.Depreciones	Baja	73.13m ²
	0+937.5	11.Parches	Alta	6.55m ²
		5.Corrugaciones	Baja	106.75m
		18.Peladura	Baja	50.00m ²
U26	0+937.5	6.Depreciones	Baja	134.50m
	0+975.0	5.Corrugaciones	Baja	195.20m

Fuente Rodríguez (2009)

Las técnicas más apropiadas, a aplicar en las unidades de muestra anteriores serían: bacheo para baches profundos y depresiones, y un reemplazo de los parches deteriorados. Si se desea mejorar aún más la condición de la avenida se debe aplicar un riego de liga para reparar el problema de la corrugación y peladura, que son las fallas más frecuentes.

Dentro de los tipos de riego que pueden ser aplicados a este pavimento en particular, se encuentran las lechadas asfálticas o SlurrySeal y el riego pulverizado, también llamado FogSeal. Ambos se pueden usar como procedimientos preventivos o correctivos de la superficie del pavimento, para el tratamiento de vías urbanas. Una lechada asfáltica es la combinación de agregado bien graduado con emulsión asfáltica, agua, filler y aditivos (en caso sean necesarios); la cual es aplicada en una fina capa para recubrir y proteger la carpeta. Con esta técnica se corrigen irregularidades superficiales menores (corrugaciones), se evita el desprendimiento de agregados y peladura, se mejora la resistencia al deslizamiento, se impermeabiliza la superficie del pavimento y se proporciona una superficie muy resistente al desgaste. Un riego pulverizado, en cambio, es la aplicación ligera de una emulsión asfáltica a la superficie de un pavimento, pero sin el uso de agregados. Se utiliza principalmente para sellar superficies del pavimento que han comenzado a presentar desintegraciones como peladuras de sevedad baja, debido al endurecimiento del cemento asfáltico cercano a la superficie.

Gonzales (2015), en su tesis de la Universidad Privada del Norte titulada *“FALLAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO*

SUR, CAJAMARCA”; La presente tesis tiene como objetivo evaluar: el estado del pavimento flexible de la avenida vía de evitamiento sur comprendido entre el óvalo musical y la avenida industrial de la ciudad de Cajamarca, que ha sido inspeccionado para identificar y clasificar las fallas, el grado de severidad asociado según los formatos de inspección y establecer unas posibles propuestas de mantenimiento. Fue necesario una serie de procedimientos que permitieron llegar al éxito de la investigación, desde conocer el tipo de tránsito vehicular y el uso de los formatos para la recolección de datos que permitieron la clasificación de cada tipo de falla en cada tramo analizado, además del grado de severidad asociado (baja, media y alta) y el área que afectó cada uno de estos tipos. Una vez tomados todos los datos en la vía, se procedió a organizarlos según tipo de fallas, área afectada respecto al total del área de la vía analizada, por severidad y por la cantidad de tipo de fallas. Todo esto para conocer el estado del pavimento e identificar las fallas funcionales para proponer medidas de mantenimiento y de esa forma evitar que se conviertan en fallas estructurales, ya que estas últimas afectan la confiabilidad del Pavimento. Finalmente, la inspección del pavimento flexible de la avenida vía de evitamiento sur mediante formatos para pavimentos flexibles, se concluyó que la falla con severidad baja a lo largo de toda la vía es la de parche (PCH) con 198 veces repetidas y un área de 287.74 metros cuadrados. Las conclusiones a las que se llega en la presenta tesis son:

Se han determinado que las fallas en el pavimento flexible de la Avenida Vía de evitamiento sur si son de severidad baja, siendo el más repetitivo parche (PCH), con una incidencia de 278.74 metros cuadrados (Ver Gráfico N° 4).

Se logró evaluar, por medio de formatos de inspección para pavimentos flexibles, la avenida vía de evitamiento sur entre el óvalo musical y la avenida industrial de la ciudad de Cajamarca en el año 2015, permitiendo concluir que 929.88 metros cuadrados (ver Tabla N° 26), el 2.66 % del total evaluado, presenta fallas de diferente tipo, siendo la de parches (PCH) la que presenta mayor cantidad de repeticiones con 198 veces (ver Tabla N° 27 y Gráfico N° 7).

Se describió las fallas que se encuentran en el pavimento flexible de la avenida vía de evitamiento sur entre el óvalo musical y la avenida industrial de la

cuidad de Cajamarca, año 2015, encontrándose 78 fisuras longitudinales (FL), con posibles causas de encontrarse en zonas de contacto por diferencias de rigidez, riego insuficiente de liga o espesor insuficiente de capa de rodadura; 15 fisuras transversales (FT), pudiendo darse por causas similares a la anterior falla de fisura longitudinal, además de envejecimiento del asfalto; 168 hundimientos (HUN), con posibles causas de asentamiento de subrasante, deficiente compactación en capas inferiores o deficiente drenaje; 198 parches (PCH), con posibles causas de procesos constructivos deficientes, deficiencia en las juntas, propagación de daños existentes en las áreas aledañas a parche o ineficiente parcheo; 40 baches (BCH), con posibles causas de retención de agua en zonas fisuradas, algunos defectos constructivos o deficiente espesor de capa de rodadura; 64 piel de cocodrilo (PC), con posibles causas de espesor estructural insuficiente, deformaciones de la subrasante, problemas de drenaje o deficiente mezcla asfáltica; 15 descascamiento (DC), con posibles causas de espesor insuficiente de capa asfáltica, riego de liga inadecuado, mezcla asfáltica muy permeable; 3 falla bloque (FB), con posibles causas de variaciones de temperatura; y 3 desgaste superficial (DSU), con posibles causas de falta de adherencia de asfalto con agregados, (ver Tabla N° 27).

El pavimento flexible de la avenida vía de evitamiento sur entre el óvalo musical y la avenida industria presente fallas con severidad baja, siendo el de tipo parche (PCH) el que más se presenta con 278.74 m (ver gráfico N° 4); media, siendo los que más se presentan de parche (PCH) con 187.26 m y descascamiento (DC) con 164.26 m (ver gráfico N° 5); y alta, siendo los que más se presentan de hundimiento (HUN) con 46.05 m y parche (PCH) con 53.95 m (ver gráfico N° 6).

El pavimento evaluado necesita urgentemente las siguientes posibles medidas de reparación: relleno de grietas con emulsiones asfálticas, re-nivelación dependiendo de la magnitud de la deformación en el caso de parches y bacheo con mezcla asfáltica cuando el pavimento ha sido destruido por el tránsito en el caso de baches y hundimientos.

2.1.2. Antecedentes internacionales

Montes De Oca y Palacios (2013), en su tesis de la Universidad nacional autónoma de México titulada “*LA IMPORTANCIA DE CUMPLIR LOS NIVELES DE SERVICIO DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA EN MÉXICO*”; Las conclusiones a las que se llega en la presenta tesis son: La realización de este trabajo tuvo la finalidad de ejemplificar la importancia de las carreteras en buen estado, así como sus beneficios a la sociedad, a la economía y al medio ambiente principalmente. Los beneficios que se adquieren al mantener las carreteras en buen estado son: abatir los costos de operación vehicular, aumentar la seguridad y la comodidad de los usuarios, fomentar la competitividad y la eficiencia en el sistema carretero. Por esa razón, todos los elementos que conforman una carretera (pavimentos, señalizaciones, obras de drenaje, terracerías, etc.) tienen una gran importancia para la funcionalidad de la vía, sin embargo, se comprobó que el elemento de mayor trascendencia en una carretera es la superficie de rodamiento. La principal razón es que de ella depende en gran medida el buen funcionamiento de una carretera como: el tiempo y calidad de recorrido de un lugar a otro, el desgaste de los vehículos, así como la seguridad de los pasajeros que transitan por la vía. Otro factor importante son los costos de construcción y mantenimiento de este elemento, por ello es necesario que durante la construcción de una carretera se evalúen los tipos de materiales que se utilizan tanto para la estructura, como para la capa de rodadura del pavimento (rígido o flexible), así como controlar que los procedimientos de construcción se lleven a cabo de forma correcta ya que interviene de forma directa en el costo del mantenimiento que se llevará a lo largo de la vida útil del mismo. Una vez construida la carretera debe de estar sujeta a un monitoreo constante indicando los periodos en los cuales se deben realizar las intervenciones adecuadas para mantener los niveles de servicio de un pavimento y en general de la carretera, provocando que el deterioro en la carretera sea lento y poco visible y logrando que el pavimento cumpla con su vida útil. Esto se traduce a que mientras los caminos se conserven en buenas condiciones, los trabajos requeridos son de un costo bajo en comparación con los trabajos que se requieren cuando se presentan los mayores deterioros. Tener un control adecuado en la conservación de carreteras puede significar un ahorro considerable de gastos que

se destinan en reparaciones y mantenimiento de las carreteras en periodos muy cortos, lo cual puede ser aprovechable para invertir en nuevos proyectos carreteros, investigación, tecnología, etc., por esa razón, las inversiones en la conservación de carreteras son económicamente rentables para la sociedad en su conjunto. Para que todo lo anterior se lleve de manera exitosa, es necesario la creación de estrategias que ayuden al cumplimiento de un buen servicio, como por ejemplo: las asociaciones Público-Privado (APP) las cuales buscan que la asignación de los recursos sea más eficiente para el mantenimiento de las carreteras y que éstas operen en mejores condiciones y conforme a estándares internacionales, asimismo permiten implementar nuevas técnicas, procedimientos, tecnologías en materiales y herramientas que ayuden a preservar el patrimonio carretero. Finalmente, la tecnología juega un rol muy importante en la construcción y conservación de las carreteras ya que con la aplicación de nuevas mezclas, materiales y herramientas tecnológicas se ha logrado extender la vida útil tanto del pavimento como de sus componentes obteniendo beneficios para un mejor desempeño. Una de las aplicaciones más importantes que se ha desarrollado son los programas de administración de carreteras, que como su nombre lo dice son utilizados para llevar una correcta administración de las vías recopilando y analizando información sobre las diferentes variables (clima, aforo, sobrecargas, históricos de conservación y mantenimiento, diseños, deterioros, estudios, etc.) que intervienen en el desempeño de un pavimento con el objeto de realizar la proyección, evaluación y programación de los trabajos de mantenimiento y conservación óptimos que deben realizarse a lo largo de la vida útil de la carretera con el fin de obtener un mayor coste/beneficio. Sin duda, las condiciones actuales del transporte carretero cambiarán conforme al paso del tiempo ofreciendo cada vez más retos en la infraestructura, por lo tanto, el gobierno de México debe actualizarse continuamente e innovar en procesos, materiales, herramientas tecnológicas que ayuden a mejorar la conservación de las carreteras y así aumentar su vida útil.

Tabares González Ricardo y Mba Lozano Eduardo (2005), en su tesis de la Universidad nacional de Colombia titulada “*DIAGNOSTICO DE VÍA EXISTENTE Y DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA NUEVA MEDIANTE*

PARÁMETROS OBTENIDOS DEL ESTUDIO EN FASE I DE LA VÍA ACCESO AL BARRIO CIUDADELA DEL CAFÉ – VIA LA BADEA”; indica que: El diseño de las estructuras de pavimentos flexibles es un tema de estudio e investigación, como consecuencia de los diversos resultados obtenidos en la construcción y, particularmente, en la recuperación de la estructura de las vías vehiculares pavimentadas. Este trabajo realiza una evaluación de los diferentes métodos empleados para el diseño de estructuras de pavimento según criterios y parámetros empíricos, semi-empíricos y racionales, para establecer las distintas alternativas estructurales que se tienen en esta área. Esto con el fin de confrontar y comparar los conceptos técnicos, académicos y parámetros empleados para los diferentes tipos de diseño, determinando las diferencias en que ellos se derivan y que al ser aplicados puedan o no desarrollar resultados objetables e inadecuados con respecto a los comportamientos de la situación real de la estructura. En forma adicional en este trabajo se realiza un diagnóstico vial para el tramo de la vía existente en estudio, el cual pretende saber las condiciones actuales de la estructura y la superficie de rodadura, como ejercicio académico para que dicho proyecto, sirva como material de consulta a estudiantes de pregrado o posgrado, y además pretende comparar (2) procedimientos de inspección o inventario de la malla de vial con el fin de generar las conclusiones que al respecto tengan lugar. Las conclusiones a las que se llega en la presente tesis son:

Teniendo en cuenta los conteos realizados por la firma consultora en el sector Pedregales – Ciudadela del Café entre el 26 de enero y el 2 de febrero del año 2005, se obtuvo por los autores del proyecto un TPD igual a 6.096 vehículos por día.

La proyección del tránsito normal que circula por la zona se proyectó a 15 años utilizando los datos de tránsito recolectados por la firma consultora en la zona.

Se determinó que el tráfico atraído en el sector representa un 30% del TPD normal.

El tránsito generado se estimó en un volumen mínimo del 5% del tráfico normal.

Otros tránsitos representan el 20% del tráfico normal.

Se adoptó como volumen horario para el siguiente proyecto, el promedio de los volúmenes más altos registrados en los conteos

La consolidación de los datos de tráfico normal, atraído y generado al año 2005 da como resultado un TPD igual a 6.096 vhd con una distribución de Autos = 80.8%, Buses = 17.6% y Camiones = 1.6%. Los anteriores datos generan un equivalente de ejes acumulados de 8.2 Ton de 423*106 ejes en el carril de diseño.

En cuanto a la capacidad de la vía, presenta un 14% de ocupación en el período inicial y esta se ocupará en un 18 % como máximo para el año horizonte 2015, esto nos da a entender que geoméricamente la vía goza de unas dimensiones amplias en su sección transversal para atender el flujo vehicular de la zona.

También se pudo concluir por los autores de este proyecto, es que el día sábado corresponde al día donde se evidencia más flujo vehicular y que estos se registran entre las 19:00 y 21:00 horas

En estas condiciones, el volumen de horario de máxima demanda corresponde al 8.8% del volumen diario para el sector Pedregales – Ciudadela del Café.

Se concluye que el comportamiento en la zona se encuentra bien definido, en el cual la proporción de vehículos livianos es significativa y la participación de buses refleja la presencia de asentamientos urbanos, cuya localización y tamaño están asociados al carácter del sector, se aprecia además que la participación de camiones es muy baja.

En lo que respecta a nivel de servicio, la velocidad de diseño se mantiene en el tiempo hasta el año horizonte manteniendo un nivel de servicio constante de clasificación E; esto en parte se debe a la pendiente longitudinal de la zona crítica, ya que se desarrolla en una gran longitud, y a los radios de curvatura que hacen que se castigue fuertemente los factores de reducción utilizados en el cálculo de la calidad del servicio. Se presentarán velocidades bajas

de circulación, pero el tránsito fluye sin restricciones. La maniobra de adelantamiento es difícil por lo que los niveles de libertad y comodidad son muy bajos. (Condiciones actuales de la vía).

Con relación al diagnóstico vial realizado mediante el procedimiento de Índice de Condición del Pavimento – PCI, a la zona en estudio se concluye que la vía presenta en la actualidad una excelente condición de su estructura de pavimento y en su superficie de rodadura de acuerdo con los criterios rangos de clasificación plateados en este. Se recomienda a la vía que se realice

En inspección visual y diagnóstico vial realizado al tramo en estudio, mediante el procedimiento PCI (Índice de condición del Pavimento), se concluyó que el estado actual del pavimento en el acceso al barrio Ciudadela del Café se encuentra en un excelente estado, según los rangos de clasificación anteriormente enunciados y confirmados al realizar un recorrido por la vía, sin embargo se evidenciaron una serie de fallas en la superficie de rodadura, los cuales se muestran en las hojas de inspección (Ver Anexo A). A continuación, se enunciarán: Ausencia parcial o total del material de sello en algunas de las juntas, Falla de esquina probablemente inducida por el fenómeno del bombeo, Fisuras y grietas en el pavimento, Ausencia de estructuras de alivio para la precipitación pluvial. Dilataciones exageradamente anchas, Aparente deficiencia en la colocación del refuerzo evidenciada en una mala transmisión de cargas a losas adyacentes, Superficie con abrasión severa.

Por lo anteriormente expuesto, se recomienda por los autores del proyecto la demolición y reposición de las placas de concreto que presenta niveles de severidad M, en relación con la abrasión o pulimento de la estructura en algunos de los tramos y las grietas lineales presentadas.

Con relación a los presupuestos elaborados en el presente proyecto, se indica que estos corresponden a los precios entregados por el Municipio de Pereira y el Departamento de Risaralda y a investigaciones de mercado realizadas a los establecimientos de comercio, y que el análisis unitario ver Anexo F, se apoya en valores obtenidos de la investigación de mercados.

También se puede concluir que, por el valor tomado de la subrasante, es recomendable la presencia de un material de subbase que mejore la interacción entre la carpeta de rodadura y la subrasante en cuanto a transmisión de las cargas; la presencia de la capa granular de subbase permite mejorar el módulo de reacción de la subrasante.

Las diferentes estructuras encontradas en los diferentes métodos presentan mucha variabilidad en cuanto a sus valores.

El método AASHTO es el que presenta el mayor valor de carpeta asfáltica con un valor de 18 cm, en contraste a la Nota Vial 31 que presenta un valor de 5 cm. Por las condiciones de tránsito se decidió tomar el valor de 18 cm como valor para el diseño.

La gran diferencia de los métodos de diseño se presenta en el espesor de la carpeta asfáltica, la cual varía considerablemente para cada uno de ellos; en cuanto las capas granulares los espesores encontrados presentan valores un poco similares.

El método de revisión de esfuerzos por medio del programa DEPAV, permite realizar simplificaciones, explorando diferentes alternativas y así encontrar una que permita optimizar los materiales con muestreos muy sencillo.

Ruiz Brito César Alejandro (2011), en su tesis de la Escuela Politécnica del Ejército, Ecuador titulada “*ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE PRODUCEN EL DETERIORO DE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS*”; El presente estudio define: Un diagnóstico detallado de las patologías sufridas por varios proyectos en pavimento rígido del país y particularmente en la zona norte de Manabí, y que en base a un seguimiento riguroso se pudo constatar las diferentes causas que las provocaron. Para elaborar la presente tesis, fue necesario realizar un diagnóstico detallado de las vías más críticas en el país, especialmente la Chone-Canuto-Calceta- Junín-Pimpiguasí, en la que se evidencia deterioros severos en su estructura, lo que justifico elaborar diseños y ensayos en el laboratorio, para verificar si las características de los materiales utilizados en esta vía son los más adecuados. Las visitas a los diferentes proyectos y a las experiencias compartidas de los

consultores y constructores permitieron recopilar un compendio de reparaciones adecuadas y consideraciones necesarias para evitar a futuro las patologías en los proyectos viales de pavimentos rígidos. Las conclusiones a las que se llega en la presente tesis son:

Primeramente, es necesario mencionar que la implementación de pavimentos rígidos en el país es una propuesta relativamente nueva, por lo que falta acumular experiencia en la construcción de los mismos, lo que constituye un factor determinante, para que se produzcan deterioros severos en sus estructuras. Por lo tanto, es necesario regirse de manera estricta a las normas tanto de diseño como de mantenimiento de los pavimentos rígidos, con el fin de evitar y disminuir procesos de deterioro observados en el análisis del presente documento.

Después de la supervisión, monitoreo y análisis a varios proyectos que se están ejecutando en el país con pavimento rígido, se puede constatar y verificar diferentes tipos de patologías, las que se producen por deficiencias en el diseño, construcción y operación. Además, considero que no se tomaron en cuenta variables topográficas y climáticas, las cuales influyen negativamente en el resultado final del proyecto.

En las visitas a ciertos proyectos de pavimento rígido, se observa que no existe un correcto y adecuado control de calidad en su construcción, debido a que se deja de lado ciertos parámetros necesarios para que un pavimento rígido, cumpla eficientemente con su vida útil. Entre los procesos inobservados por las constructoras y fiscalizadoras, que más afectaron a la estructura del pavimento rígido se puede citar a los siguientes: Deficiente control de materiales, Temperaturas inadecuadas, Procesos de curado deficientes, Cortes de juntas en tiempos no idóneos, Utilización de maquinaria inapropiada, Modulación de losas fuera de los rangos de esbeltez sin cumplir lo estipulado en normas.

Detectadas las fallas del pavimento rígido, la reparación es un factor que no ha sido operado técnicamente, que revelen las verdaderas causas por las que se originó el deterioro. Debo puntualizar que los “arreglos realizados”, afectan directamente a la resistencia y transferencia de carga de las losas adyacentes. Por último, se observa la falta de seguridad industrial para sus trabajadores y deficiente

control de tránsito que debe ofrecer la compañía constructora, durante las reparaciones para precautelar la integridad de los usuarios.

Referente al análisis de la rehabilitación de la carretera Chone – Canuto- Calceta – Junín – Pimpiguasí, tramo “Junín – Pimpiguasí” abscisa 34+000 – 56+000, motivo central de la presente tesis, y de conformidad a los ensayos y estudios realizados, se concluye que este proyecto fue contratado considerando únicamente un perfil técnico, sin que se haya realizado estudios de suelos, cimentación y hormigones para la capa de rodadura de la estructura del pavimento, es decir no se evaluó con rigurosidad la capacidad portante del suelo, y sin considerar que en esta zona existen arcillas expansivas.

Finalmente, sobre los resultados de los ensayos de los materiales, se concluye que los agregados de la cantera de Picoaza que estaba designada como fuente de provisión de estos materiales, no son aptos para ser utilizados en hormigones de alta resistencia, ya que exhiben características flojas que obligan a elevar el contenido de cemento en la mezcla, aparte de los problemas de adherencia a la pasta de cemento debido a la presencia de sustancias arcillosas y aceitosas.

Y sus recomendaciones a las que se llega en la presente tesis son:

Es recomendable evaluar las vías frecuentemente, estableciendo el grado de severidad de los deterioros, con el fin de implementar reparaciones técnicas adecuadas, garantizando así la vida útil de la estructura del pavimento.

Es importante diagnosticar, en base a perforaciones, el tipo de suelo donde se va a ejecutar el proyecto, debido a que las condiciones estratigráficas en el Ecuador son variables, definiendo así, si es necesario utilizar material de mejoramiento, que optimice el diseño del pavimento, aumentando la capacidad portante del mismo.

El parámetro a considerar para asegurar una buena reparación, es la identificación de los deterioros más considerables, estableciendo dimensiones óptimas de las áreas a reparar, utilizando un método de remoción que no afecte la

estructura del pavimento, plasmando dicha información en los planos de arreglo de la vía.

En las zonas de asentamientos severos del pavimento estructural, es recomendable realizar un estudio geotécnico del sitio, con la elaboración de calicatas que permitan identificar el tipo de suelo y materiales de soporte, determinando su óptima compactación pues presumiblemente puede ser un problema de una inadecuada consolidación.

Se debe poner en práctica un apropiado curado del hormigón, en base al clima en el cual se esté realizando la construcción, el mismo se efectúa posterior al texturizado utilizando un aspersor manual y de manera inmediata colocar el producto designado para este proceso, para así evitar que el agua de exudación se evapore de la superficie del pavimento.

Los pavimentos de concreto hidráulico reforzado son una excelente alternativa para el país, pero es necesario evaluar su comportamiento en diferentes ambientes para adecuar su diseño a las características climatológicas y a los materiales con los que se cuente.

Un punto importante a tomar en cuenta y que se ha constatado como falencia en los diferentes proyectos en ejecución es el inadecuado control de acceso de los mixers, hacia el paño a fundir, puesto que desalinean las barras de unión, afectando en su funcionalidad y disminuyendo la capacidad de resistencia de las mismas.

Es importante estar a la vanguardia de las técnicas constructivas de pavimentos rígidos, aplicadas en países desarrollados, para así implementarlas en el Ecuador, evitando de esta manera las falencias observadas en el presente documento.

Herrera Uribe Nader Pamela (2014), en su tesis de la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador titulada *“ESTUDIO DEL PAVIMENTO DE LAS VÍAS DEL BARRIO SALACALLE, PERTENECIENTE A LA PARROQUIA SAQUISILÍ, CANTÓN SAQUISILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD DE VIDA DE LOS HABITANTES”*, El cual indica que: El propósito del

presente trabajo es mostrar una guía técnica para el mejoramiento vial y del sistema de drenaje de las vías del barrio Salacalle, ubicado en la ciudad de Saquisilí, cuya finalidad es incidir positivamente en la calidad de vida de los habitantes. Comprende estudios que se realizaron en campo, como la aplicación de encuestas, las cuales abarcan categorías de economía, del buen vivir, la relación entre la variable dependiente, independiente y la propuesta, para posteriormente tabularlo e interpretarlo. Se realizó un levantamiento topográfico para determinar su ubicación, el diseño horizontal y vertical actual, así mismo se efectuó un inventario vial para establecer las características propias de la vía. Se efectuaron trabajos en el laboratorio como es el estudio de suelos para obtener datos como contenidos de humedad natural, granulometría, límites de consistencia, compactación y C.B.R. Posteriormente un conteo vehicular para establecer el Tráfico Promedio Diario Anual y transformarlo en Ejes Simples Equivalentes a 8.2 toneladas; con los datos anteriormente obtenidos se diseñó el pavimento, estableciendo los espesores respectivos para cada capa de la estructura. También se diseñaron las cunetas, las cuales servirán para drenar el agua lluvia. El proyecto contempla un presupuesto con su respectivo análisis de precios unitarios y un cronograma valorado de trabajos que incluye la curva de inversión. Las conclusiones a las que se llega en la presente tesis son:

Debido al estado vehicular, la población del barrio Salacalle no tiene acceso a servicios como salud y educación, lo que obliga a la urbe a movilizarse a la parte céntrica del cantón Saquisilí, provocando por ende incomodidad, pérdida de tiempo, etc.

Las encuestas reflejan que la población considera que el sistema de drenaje y el estado de la vía son deficientes, lo que afecta al comercio, agricultura y ganadería, provocando pérdidas económicas.

De la investigación realizada se concluyó que con el mejoramiento del pavimento y del sistema de drenaje la población considera que mejorará la calidad de vida.

De acuerdo al estudio de tráfico, la mayor circulación se refiere a vehículos livianos, casi en su totalidad son camionetas; además existe la presencia de

camiones de doble eje pequeños y grandes, es importante mencionar que no existe servicio de buses, por lo que la mayor parte de la población hace uso de las camionetas para trasladarse.

Al analizar el inventario vial se puede resumir que la vía no cuenta con estructura de pavimento y que la misma se encuentra a nivel de subrasante con un ancho que varía entre siete y ocho metros y en sus ramales con cinco metros, y además no cuenta con cunetas.

El estudio de suelos reflejó que la vía consta de arena pobremente graduada con un porcentaje de humedad natural bajo, no plástico y con una capacidad de soporte adecuada para la estructura del pavimento.

Y sus recomendaciones a las que se llega en la presenta tesis son:

Para mejorar la calidad de vida de los habitantes se recomienda el diseño del pavimento considerando que éste se debe efectuar con una proyección de 20 años con el fin de recuperar su serviciabilidad y tomar en cuenta las nuevas consideraciones del sitio en dicho tiempo, además es importante indicar que el diseño es la base técnica para la ejecución de la correspondiente obra vial.

Se recomienda la instalación de señalización vial tanto horizontal como vertical con la finalidad de otorgar información preventiva reglamentaria e informativa, proporcionando a la ciudadanía bienestar y seguridad.

Con el fin de evacuar las aguas lluvias y prevenir daños futuros a la estabilidad de la estructura de pavimento se recomienda el diseño y posterior construcción de cunetas considerando las características propias del sector.

Socializara los habitantes del barrio Sala calle, de la parroquia Saquisilí, cantón Saquisilí la importancia y los beneficios que tiene la ejecución del proyecto.

Se recomienda efectuar mantenimientos recurrentes a la vía y al sistema de drenaje para contrarrestar su desgaste y dar soluciones preventivas que a la larga son más económicas hacerlas que las soluciones correctivas.

Miranda Rebolledo Ricardo Javier (2010), en su tesis de la Universidad Austral de Chile “*DETERIOROS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS*”; las conclusiones que llega en esta Tesis son:

Aún no se toma verdadera conciencia de que hacer mantención o conservación de pavimentación es mucho más barato que reparar el mismo pavimento, además de ahorrarnos millones de pesos, se puede ofrecer más serviciabilidad y confortabilidad a los conductores.

La conservación de pavimentos requiere de personal capacitado, es decir, que dominen ampliamente el tema.

Para que los fondos destinados a mantención sean ocupados en forma eficiente, es necesario inspeccionar los pavimentos frecuente y minuciosamente. Tan pronto ha sido determinada la necesidad de hacer reparaciones, éstos deben hacerse inmediatamente, ya que los pavimentos continúan deteriorándose día a día, produciendo así una conducción peligrosa.

Es necesario determinar primero la causa que produjo el daño en el pavimento, para poder realizar una reparación correcta, pudiendo así evitar una recurrencia.

Un mantenimiento oportuno y continuo es necesario para preservar la inversión y mantener el pavimento en completo servicio al público.

Con respecto a los trabajos realizados en los sectores 1 y 2 de Valdivia alguna de las técnicas empleadas en la reparación de pavimentos no fue la adecuada ya que no emplearon los criterios adecuados al tipo de falla con su solución respectiva, y los trabajos efectuados tienen que tener mayor inspección por parte del mandante.

Corresponde definir legalmente un único organismo público responsable de la reparación, conservación y reposición de pavimentos, que tenga asignados recursos para ello en forma directa, para lo cual se requiere con urgencia actualizar la antigua legislación sobre pavimentación urbana.

Armijos Salinas Christian Rolando (2009), en su tesis de la Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador titulada “*EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE ALGUNAS CALLES DE LA CIUDAD DE LOJA*”, las conclusiones que llega en esta Tesis son:

En la Avenida Manuel Carrión P. una vez realizada la evaluación el índice de Condición Presente (PCI) promedio entre los dos lados es 51, de esta manera, la calzada de la avenida, se encuentra en un estado regular indicando que en esta vía se deberá considerar una rehabilitación por lo menos con bacheo en las zonas más críticas.

En la calle Marcelino Champagnate, el Índice de Condición Presente (PCI) es 51, por lo tanto, la calzada tendrá una clasificación regular; siendo necesario considerar una rehabilitación para incrementar el periodo de funcionamiento antes de que se produzcan deterioros mayores.

La estación Norte del Sistema Integrado de Transporte (SITU), el índice de Condición Presente (PCI) es 91, por lo tanto, el estado de la superficie es excelente. Vale mencionar que esta estación no se encuentra expuesta a las cargas de tráfico por el momento, pese a esto, ya presenta una degradación temprana de la superficie.

La estación Sur del Sistema Integrado de Transporte (SITU) se encuentra expuesta a las cargas diarias de tráfico de los buses y cuenta con un índice de Condición Presente (PCI) de 89 que es una clasificación excelente.

En las calles de la ciudad de Loja se debe cuantificar el valor del PCI para de esta manera, conseguir que se efectúen políticas de conservación y por consiguiente detener el deterioro de las calles.

Conociendo el estado en que se encuentra las calles de la ciudad de Loja se podrá tomar decisiones acertadas en cada caso y se podrá definir un cronograma de rehabilitación e inclusive una estrategia de inversión.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Variable independiente: Pavimentos

2.2.1.1. Dimensión 1: Pavimento rígido

“Un pavimento rígido se compone de losas de concreto hidráulico con o sin acero. Este tipo de pavimentos no puede plegarse a las deformaciones de las capas inferiores. La sección transversal de un pavimento rígido está compuesta por la losa de concreto hidráulico que va sobre la sub-base y estas sobre la sub-rasante. Tiene costos iniciales de construcción altos en comparación con los pavimentos flexibles y su periodo de vida varía entre 20 y 40 años. El mantenimiento que requiere es mínimo, primordialmente en las juntas.” Armijos (2009).

“Los pavimentos se denominan flexibles o rígidos por la forma en que transmiten los esfuerzos y deformaciones a las capas inferiores, que depende de la relación de rigideces relativas de las capas. Los pavimentos rígidos se utilizan en aeropuertos y principales autopistas. También son aplicados en pisos industriales, puertos y en zonas de operación de vehículos pesados. El tipo más común de material usado para la construcción de pavimentos rígidos es la losa de concreto hidráulico, por razones económicas y su fácil disponibilidad. La losa de concreto debe estar diseñada para soportar cargas de tráfico y evitar fallas por fatiga del pavimento debido a las cargas repetidas. Los pavimentos rígidos pueden ser diseñados para un periodo de vida útil de 15 a 20 años, sin embargo, es más probable que sus periodos de diseño sean de 30 a 40 años.” Montalvo (2015).

“Otra consideración importante en el diseño de pavimento de concreto es la deficiencia en las juntas causados por el bombeo de finos o erosión de los materiales de apoyo. El bombeo se refiere a la expulsión de agua y materiales de grano fino de las capas de apoyo debido a la deflexión de la losa en las juntas por movimiento de cargas de tráfico. Este problema se ha producido en la articulación de pavimentos rígidos bajo la aplicación repetida de cargas de camiones pesados. La erosión de los materiales de apoyo puede ocurrir debido a la disposición de drenaje inadecuado.” Montalvo (2015).

“El elemento estructural primordial en este tipo de pavimento consta de una losa de concreto que se apoya directamente en la subrasante o en una capa de material granular seleccionado denominada subbase. La necesidad de utilizar la subbase surge sólo si la subrasante no tiene las condiciones necesarias como para resistir a la losa y las cargas sobre esta; es decir, que no actúe como un soporte adecuado. Una de las diferencias más saltantes entre los pavimentos flexibles y rígidos es la forma en que se distribuyen los esfuerzos producidos por el tránsito sobre ellos. Debido a que el concreto es mucho más rígido que la mezcla de asfalto, éste distribuye los esfuerzos en una zona mucho más amplia. Del mismo modo, el concreto presenta un poco de resistencia a la tensión por lo que aún en zonas débiles de la subrasante su comportamiento es adecuado. Es por ello que la capacidad portante de un pavimento rígido recae en las losas en vez de en las capas subyacentes, las cuales ejercen poca influencia al momento del diseño. Otra diferencia importante es la existencia de juntas en los pavimentos rígidos, las que no se presentan en los flexibles. Es así como la teoría de análisis que se utiliza para la primera clase de pavimento es la teoría de placa o plancha en lugar de la teoría de capas utilizada para los caminos asfaltados. La resistencia del concreto utilizada usualmente es alta, entre 200 y 400 kg/cm. Por su parte las losas pueden ser de concreto simple, reforzado o preesforzado.” Rengifo (2014).

a) Losa de concreto

“Es la parte superior del pavimento, los esfuerzos se distribuyen de acuerdo a la rigidez de la losa generando que las capas inferiores, base y subbase, soporten menos esfuerzos.” Montalvo (2015)

b) Indicador: Sub-base

“En principio, estas capas tienen como función principal el soporte de esfuerzos, pero en este caso, por ser un pavimento rígido los esfuerzos son menores. Esta capa funciona también como drenaje para proteger la estructura superior, controlando el ascenso del agua.” Montalvo (2015)

c) Indicador: Subrasante

“Es la capa de suelo natural donde se apoya el pavimento. Su objetivo es dar la estabilidad requerida al pavimento; el diseño del pavimento se inicia por la subrasante ya que es el suelo de soporte de toda la estructura del pavimento.” Montalvo (2015).

2.2.1.2. Dimensión 2: Pavimentos Flexible

“Un pavimento flexible cuenta con una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que su estructura se rompa. Este pavimento está compuesto de una carpeta asfáltica, base granular y capa de sub-base. Es más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de 10 a 15 años. Requiere de un mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil.” Armijos (2009).

“Un pavimento flexible transmite esfuerzos concentrados en una pequeña área, mientras que un pavimento rígido distribuye los esfuerzos en una mayor área.” Montalvo (2015).

a) Indicador: Base

“Es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito. Esta capa será de material granular (CBR = 80%) o tratada con asfalto, cal o cemento. A su vez esta capa debe ser de mejor calidad y granulometría que la sub-base.” Medina (2015)

b) Indicador: Sub-base

“En principio, estas capas tienen como función principal el soporte de esfuerzos, pero en este caso, por ser un pavimento rígido los esfuerzos son menores. Esta capa funciona también como drenaje para proteger la estructura superior, controlando el ascenso del agua.” Montalvo (2015)

c) Indicador: Subrasante

“Es la capa de suelo natural donde se apoya el pavimento. Su objetivo es dar la estabilidad requerida al pavimento; el diseño del pavimento se inicia por la subrasante ya que es el suelo de soporte de toda la estructura del pavimento.” Montalvo (2015).

2.2.1.3. Dimensión 3: Pavimentos Semirrígidos

“Los pavimentos semi-rígidos contienen la misma estructura que los flexibles, con la variación que se rigidiza artificialmente una de las capas con algún aditivo que puede ser: asfalto, cal, cemento, emulsión o químicos; incrementando la capacidad portante del suelo. Dentro de este tipo están incluidos los pavimentos compuestos, los cuales combinan tipos de pavimentos flexibles y rígidos, normalmente la capa rígida está por debajo y la capa flexible por encima.” Armijos (2009).

a) Indicador Aditivos

“Los aditivos son sustancias que incorporadas en el amasado del hormigón, en una proporción siempre inferior al 5% en peso del cemento, producen la modificación deseada (función principal) de alguna de sus características (en estado fresco o endurecido). Medina Sánchez (2008).

“Los aditivos pueden ejercer una función secundaria, pero también pueden provocar efectos secundarios no deseables, que se deben conocer para efectuar en consecuencia y elegir el más adecuado en cada caso particular.” Medina Sánchez (2008).

“Los acelerantes de fraguado y endurecimiento esta indicados para el hormigonado en tiempo frio, y también se utilizan en la prefabricación, para acortar los ciclos de producción. Algunos acelerantes contienen cloruro de calcio (provoca la corrosión de las armaduras), por lo q solo se pueden utilizar para el hormigón en masa, y en cantidades no superior al 2% del peso del cemento” Medina Sánchez (2008).

b) Indicador: Asfalto

“Es la capa superior del pavimento flexible y es colocada sobre la base granular con la finalidad de sostener directamente el tránsito. Asimismo, es la capa de mejor calidad debido a que debe ofrecer características como fricción, suavidad, control de ruido y drenaje.” Medina (2015).

c) Indicador: Sub-base

“En principio, estas capas tienen como función principal el soporte de esfuerzos, pero en este caso, por ser un pavimento rígido los esfuerzos son menores. Esta capa funciona también como drenaje para proteger la estructura superior, controlando el ascenso del agua.” Montalvo (2015)

d) Indicador: Subrasante

“Es la capa de suelo natural donde se apoya el pavimento. Su objetivo es dar la estabilidad requerida al pavimento; el diseño del pavimento se inicia por la subrasante ya que es el suelo de soporte de toda la estructura del pavimento.” Montalvo (2015).

2.2.1.4. Dimensión 4: Pavimentos Articulados

“Los pavimentos denominados articulados, cuyas capas de rodadura se encuentran conformadas por bloques de concretos prefabricados, iguales entre sí y de un espesor uniforme; y que se colocan sobre una capa delgada de arena, la cual se encuentra sobre una capa granular o la subrasante.” Armijos (2009).

a) Indicador: Sub-base

“En principio, estas capas tienen como función principal el soporte de esfuerzos, pero en este caso, por ser un pavimento rígido los esfuerzos son menores. Esta capa funciona también como drenaje para proteger la estructura superior, controlando el ascenso del agua.” Montalvo (2015)

b) Indicador: Subrasante

“Es la capa de suelo natural donde se apoya el pavimento. Su objetivo es dar la estabilidad requerida al pavimento; el diseño del pavimento se inicia por la

subrasante ya que es el suelo de soporte de toda la estructura del pavimento.” Montalvo (2015).

2.2.2. Variable dependiente: Método de PCI

“Este método constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado, como procedimiento estandarizado, por agencias como por ejemplo: el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, el APWA (American Public Work Association) y ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación (Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03).” Rodríguez Velásquez (2009).

“El método PCI (Pavement Condition Index) es un procedimiento que consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, siguiendo una metodología de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta.” Rodríguez Velásquez (2009).

“El método del PCI fue desarrollado entre los años 1974 y 1976 a cargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los E.E.U.U. con el fin de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles.” Medina y De la Cruz (2015).

“Este método establece el modo más completo, de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas para la evaluación y calificación objetiva de los pavimentos. Ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación (ASTM D6433-03).” Medina y De la Cruz (2015).

“El método del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual del estado del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada falla presente. Dada la gran cantidad de combinaciones posibles, el método introduce un factor de ponderación, llamado “valor deducido”, para indicar en qué

grado afecta a la condición del pavimento cada combinación de deterioro, nivel de severidad y densidad.” Medina y De la Cruz (2015).

“El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en excelentes condiciones. Existiendo rangos del PCI los cuales tienen su correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento tal como se muestra en la siguiente tabla.” Medina y De la Cruz (2015).

“El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema y las cuales se presentan a continuación.” Pavement Condition Index, Vásquez (2002)

“Se presentan la totalidad de los daños incluidos en la formulación original del PCI, pero eventualmente se harán las observaciones de rigor sobre las patologías que no deben ser consideradas debido a su génesis o esencia ajenas a las condiciones locales. El usuario de esta guía estará en capacidad de identificar estos casos con plena comprensión de forma casi inmediata.” Pavement Condition Index, Vásquez (2002).

2.2.2.1. Dimensión 1: Índice de Serviciabilidad

“El índice de serviciabilidad final se establece como la condición de la superficie del pavimento que no cumple con las expectativas de comodidad y seguridad exigidas por el usuario y corresponde al valor más bajo antes de que sea necesario rehabilitar o reconstruir un pavimento. En la Tabla A3 se proponen algunos valores para el índice de serviciabilidad final de pavimentos urbanos.” Norma CE.010, Pavimentos urbanos (2010).

Tabla 2 *Índice de serviciabilidad*

Índice de serviciabilidad	Tipo de Vía
0-1	Muy mala
1 - 2	Mala
2 - 3	Regular
3 - 4	Buena
4 - 5	Muy Buena

“Se establece como la condición original del pavimento inmediatamente después de su construcción o rehabilitación. AASHTO'93 estableció (si no se tiene información disponible para diseño) los siguientes valores: a) Para pavimentos rígidos, un valor inicial deseable por de 4,5; y b) Para pavimentos flexibles un valor inicial deseable por de 4,2.” Norma CE.010, Pavimentos urbanos (2010).

a) Indicador: Índice de condición del pavimento

“Es un grado numérico de la condición del pavimento. Varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. Cada rango del PCI tiene su correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.” Rodríguez Velásquez (2009).

b) Indicador: Grado de la condición del pavimento

“Es una descripción cualitativa de la condición del pavimento, como una función del valor de PCI que varía entre “fallado” hasta “excelente” como se aprecia en la figura siguiente.” Rodríguez Velásquez (2009).

Tabla 3 *Grado de la condición del pavimento*

85 - 100	EXCELENTE
----------	-----------

70 - 84	MUY BUENO
55 - 69	BUENO
40 - 54	REGULAR
25 - 39	MALO
10 - 24	MUY MALO
0 - 9	FALLADO

2.2.2.2. Dimensión 2: Fallas del pavimento

“Indicadores externos del deterioro del pavimento causado por las cargas de tráfico, factores ambientales, deficiencias constructivas, o una combinación de estas causas.” Rodríguez Velásquez (2009).

a) Indicador: Regla o cordel

Herramienta para medir la deformación longitudinal y transversal del pavimento en estudio.

b) Indicador: Guincha

Instrumento utilizado para medir distancias en calles, carreteras, caminos, etc.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Pavimento rígido

Clasificación por comportamiento de los pavimentos de concreto de cemento hidráulico en cualquiera de sus formas o modalidades (losas de concreto simple

con juntas, losas de concreto reforzado con juntas, suelo-cemento, concreto compactado con rodillo, etc.).

2.3.2. Pavimento flexible (Pavimentos Asfálticos)

Clasificación por comportamiento de los pavimentos con superficie asfáltica en cualquiera de sus formas o modalidades (concreto asfáltica mezcla en caliente, concreto asfáltica mezcla en frío, mortero asfáltico, tratamiento asfáltico, micro pavimento, etc.), compuesto por una o más capas de mezclas asfálticas que pueden o no apoyarse sobre una base y una sub base granulares. El pavimento asfáltico de espesor total (full-depth®), es el nombre patentado por el Instituto del Asfalto, para referirse a los pavimentos de concreto asfáltico construidos directamente sobre la sub-rasante.

2.3.3. Pavimentos Semi-Flexibles (intertrabados)

Pavimento cuya capa de rodadura estuvo tradicionalmente conformada por unidades de piedra, madera o arcilla cocida. En la actualidad se utilizan unidades de concreto colocadas sobre una capa de arena, rellorando los espacios entre ellas con arena, para proveerles de trabazón. De la misma manera que los pavimentos asfálticos tienen una base y además pueden tener una sub-base. Su comportamiento se puede considerar como semi-flexible.

2.3.4. AASHTO

La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes o por sus siglas en inglés AASHTO, de American Association of State Highway and Transportation Officials, es un órgano que establece normas, publica especificaciones y hace pruebas de protocolos y guías usadas en el diseño y construcción de autopistas en todo los Estados Unidos.

2.3.5. Pavimentos

Estructura compuesta por capas que apoya en toda su superficie sobre el terreno preparado para soportarla durante un lapso denominado Período de Diseño y

dentro de un rango de Serviciabilidad. Esta definición incluye pistas, estacionamientos, aceras o veredas, pasajes peatonales y ciclo vía.

2.3.6. Pérdida de serviciabilidad (Δ PSI)

Es el cambio en la serviciabilidad de una vía durante el período de diseño y se define como la diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial (por) y final (pt).

2.3.7. Tipos De Vías

El sistema vial está constituido por vías expresas, vías arteriales, vías colectoras, vías locales y pasajes.

2.3.8. Tráfico

Determinación del número de aplicaciones de carga por eje simple equivalente, evaluado durante el período de diseño de proyecto. Si el número de aplicaciones es menor de 104 ESALs se considera Tráfico Ligero. Si el número de aplicaciones es mayor o igual a 104 ESALs y menor de 106 ESALs se considera como Tráfico Medio. Si el número de aplicaciones es mayor a 106 ESALs se considera tráfico alto.

2.3.9. Tránsito

Acción de ir o pasar de un punto a otro por vías públicas.

2.3.10. Índice de Condición del Pavimento (PCI)

PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI), (2002).

El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema y las cuales se presentan a continuación. Se presentan la totalidad de los daños

incluidos en la formulación original del PCI, pero eventualmente se harán las observaciones de rigor sobre las patologías que no deben ser consideradas debido a su génesis o esencia ajenas a las condiciones locales. El usuario de esta guía estará en capacidad de identificar estos casos con plena comprensión de forma casi inmediata.

2.3.11. Costos de una obra

Los costos de una obra se dividen en dos: que viene a ser los costos directos y los costos indirectos.

Los costos directos, es la sumatoria de la mano de obra, equipos, herramientas y materiales necesarios para la realización de un proceso de producción.

Los costos indirectos, son aquellos costos que no tienen relación directa en la ejecución de una obra, pero son indispensables incluirlos en el presupuesto por que se refieren a la sumatoria de los diversos gastos técnico – administrativos necesarios para el correcto desarrollo de un proyecto. Estos costos pueden clasificarse en dos rubros: Gastos generales fijos y Gastos generales variables.

Gastos generales fijos están integrados por los siguientes cargos: campamentos de obra, gastos administrativos que incluyen los costos de la licitación, gastos legales, carteles de obra, gastos de inspección de obra y publicaciones derivadas del proceso.

Gastos generales variables corresponden a: costos de la dirección técnica y administrativa en obra conformada por los sueldos y remuneraciones del personal profesional, técnico, administrativo y auxiliar a utilizar en la ejecución de la obra. Estos costos incluyen los cargos por leyes y beneficios sociales.

2.3.12. Programación de obra

La programación de obra tiene la finalidad de lograr el desarrollo óptimo de los trabajos al más bajo costo, empleando el menor tiempo posible y con el

requerimiento mínimo de equipo de obra. Existen 3 métodos para la elaboración de programar una obra: Método de Gantt, método PERT y método CPM.

III. MÉTODOS Y MATERIALES

3.1. Hipótesis de la investigación

3.1.1. Hipótesis General

H₁: La condición de pavimento de la avenida dominicos es desfavorable en el distrito de San Martín de Porres de Lima – Perú en el año 2016.

3.1.2. Hipótesis Específica

H₁: La condición del índice de serviciabilidad de la avenida dominicos es desfavorable en el distrito de San Martín de Porres de Lima – Perú en el año 2016.

H₂: La condición de las fallas del pavimento de la avenida dominicos es desfavorable en el distrito de San Martín de Porres de Lima - Perú en el año 2016.

3.2. Variables de estudio.

Variable Independiente (x)

Variable dependiente (y)

X= Pavimento

Y= Método del PCI

3.2.1. Definición conceptual

3.2.1.1. Pavimento

“Los pavimentos se denominan flexibles o rígidos por la forma en que transmiten los esfuerzos y deformaciones a las capas inferiores, que depende de la relación de rigideces relativas de las capas. Un pavimento flexible transmite esfuerzos concentrados en una pequeña área, mientras que un pavimento rígido distribuye los esfuerzos en una mayor área. Los pavimentos rígidos se utilizan en aeropuertos y principales autopistas. También son aplicados en pisos industriales, puertos y en zonas de operación de vehículos pesados. El tipo más común de material usado para la construcción de pavimentos rígidos es la losa de concreto hidráulico, por razones económicas y su fácil disponibilidad. La losa de concreto

debe estar diseñada para soportar cargas de tráfico y evitar fallas por fatiga del pavimento debido a las cargas repetidas. Los pavimentos rígidos pueden ser diseñados para un periodo de vida útil de 15 a 20 años, sin embargo, es más probable que sus periodos de diseño sean de* 30 a 40 años.” Montalvo (2015).

3.2.1.2. Método del PCI

“Este método constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado, como procedimiento estandarizado, por agencias como por ejemplo: el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, el APWA (American Public Work Association) y ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación (Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03).” Rodríguez Velásquez (2009).

3.2.3. Definición operacional

Tabla 4 *Definición operacional de las variables*

DEFINICIÓN DE VARIABLES		
Variable Independiente	Dimensión	Indicadores
Pavimentos	Pavimento rígido	Losa de concreto
		Sub-base
		Subrasante
	Pavimento Flexible	Asfalto
		Base
		Sub-base
		Subrasante
	Pavimentos semi-rígidos	Asfalto
		Aditivo
		Base
		Sub-base
		Subrasante
	Pavimentos Articulados	Adoquín
		Sub-base
		Subrasante
	variable dependiente	Dimensión
Método de PCI	Índice de serviciabilidad	Índice de condición del pavimento
		Grado de condición del pavimento
	Fallas del pavimento	Regla o cordel
		Guincha

3.3. Tipo y nivel de investigación

El nivel de Investigación es Explicativo.

Hernández (2010), nos menciona: El tipo de Investigación Explicativo Son más estructuradas que los otros tipos de investigación que abarca en su propósito la exploración, la descripción y correlación con lo cual generar en sentido de entendimiento más completo. Los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura revelo que tan solo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio, o bien, si deseamos indagar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas. Tal sería el caso de investigadores que pretendieran analizar fenómenos desconocidos o novedosos. Los estudios exploratorios sirven para familiarizarnos con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa respecto de un contexto particular.

3.4. Diseño de la investigación para contrastar la hipótesis

No Experimental.

La investigación no experimental es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, es investigación donde no hacemos variar intencionalmente las variables independientes. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. Como señala Kerlinger (1979, p. 116). “La investigación no experimental o ex-post-facto es cualquier investigación en la que resulta imposible manipular variables o asignar aleatoriamente a los sujetos o a las condiciones”. De hecho, no hay condiciones o estímulos a los cuales se expongan los sujetos del estudio. Los sujetos son observados en su ambiente natural, en su realidad. Según Hernández (2010).

3.5. Población y Muestra

3.5.1. Población

“La población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población poseen una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación” Tamayo y Tamayo, 1997, P.114.

En esta investigación la población objeto de estudio estará conformado por el tramo de la avenida dominicos que comprenden entre la avenida Canta Callao con Avenida Santa rosa, la longitud de dicho tramo es de 1.08 km el cual fue dividido en 10 tramos iguales aproximadamente al cual se aplicara la recolección de datos mediante El método del PCI, calicatas, ensayos de laboratorio; ubicado en el distrito de San Martin de Porres de la ciudad de Lima.

3.5.2. Muestra

La muestra es la que puede determinar la problemática ya que es capaz de generar los datos con los cuales se identifican las fallas dentro del proceso.

“Es el grupo de individuos que se toma de la población, para estudiar un fenómeno estadístico” Tamayo y Tamayo, 1997, p.38.

En esta investigación la muestra objeto de estudio estará conformado por el tramo de la avenida dominicos que comprenden entre la avenida Canta Callao con Avenida Santa rosa, la longitud de dicho tramo es de 1.08 km el cual fue dividido en 10 tramos iguales aproximadamente al cual se aplicara la recolección de datos mediante El método del PCI, calicatas, ensayos de laboratorio; ubicado en el distrito de San Martin de Porres de la ciudad de Lima.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Rojas Soriano, (1996-197) señala al referirse a las técnicas e instrumentos para recopilar información como la de campo, lo siguiente: Que el volumen y el tipo de información-cualitativa y cuantitativa- que se recaben en el trabajo de campo deben estar plenamente justificados por los objetivos e

hipótesis de la investigación, o de lo contrario se corre el riesgo de recopilar datos de poca o ninguna utilidad para efectuar un análisis adecuado del problema.

Para la recolección de datos durante el proceso de investigación se han elaborado las siguientes técnicas.

- La observación. Orientada a la obtención de información para la evaluación del PCI en las hojas de cálculo.
- El análisis de documentos. Para la obtención del diseño del pavimento rígido.

Los instrumentos para la recolección de datos durante la investigación fueron las siguientes.

- Planos de ubicación. Se realiza el metrado de las dimensiones de la avenida.
- Hoja de cálculo de PCI, donde se utiliza la Guía de PCI y así obtener los valores de la calificación del índice de serviciabilidad.
- Cámara digital para la recolección de fotos para la evaluación del PCI.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Implica elaborar un plan detallado de procedimientos que conduzcan a reunir datos con un propósito específico. Las respuestas o los datos obtenidos, previamente codificados, se transfieren a una matriz de datos y se preparan para su análisis

El procesamiento y análisis de datos de llevará a cabo con la ayuda del programa Stargraphic.

3.8. Método de la investigación

Inductivo y deductivo.

La deducción va de lo general a lo particular. El método deductivo es aquél que parte los datos generales aceptados como valederos, para deducir por medio del razonamiento lógico, varias suposiciones, es decir; parte de verdades previamente establecidas como principios generales, para luego aplicarlo a casos individuales y comprobar así su validez.

La inducción va de lo particular a lo general. Empleamos el método inductivo cuando de la observación de los hechos particulares obtenemos proposiciones generales, o sea, es aquél que establece un principio general una vez realizado el estudio y análisis de hechos y fenómenos en particular.

La inducción es un proceso mental que consiste en inferir de algunos casos particulares observados la ley general que los rige y que vale para todos los de la misma especie.

IV. RESULTADOS

4.1. Evaluación del Pavimento con el Método del PCI

4.1.1. Generalidades

La evaluación superficial del pavimento será mediante la metodología del PCI- (pavement condition index), el cual es un procedimiento que consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, siguiendo una metodología de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta.

Cabe mencionar que este método constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado, como procedimiento estandarizado y ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación (Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03).

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual del estado del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada falla presente. Dada la gran cantidad de combinaciones posibles, el método introduce un factor de ponderación, llamado “valor deducido”, para indicar en qué grado afecta a la condición del pavimento cada combinación de deterioro, nivel de severidad y densidad (cantidad).

El PCI se aplicará en la avenida Dominicos desde la Avenida Canta Callao hasta la Avenida Santa Rosa, que comprende el mejoramiento, será para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, un valor que cuantifique el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo mejoramiento.

Este método permite la cuantificación de la integridad estructural de manera indirecta, a través del índice de condición del pavimento (ya que no se realizan

mediciones que permiten calcular directamente esta integridad), cuando se habla de integridad estructural, se hace referencia a la capacidad que tiene el paquete estructural de soportar solicitaciones externas, como cargas de tránsito o condiciones ambientales. En cambio, el nivel de servicio es la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro al conductor.

4.1.2. Objetivos del método de PCI

Los objetivos que se esperan con la aplicación del Método PCI son los siguientes:

- Determinar el estado en que se encuentra el pavimento en términos de su integridad estructural y del nivel de servicio que ofrece al usuario.
- Obtener un indicador que permita comparar, con un criterio uniforme, la condición y comportamiento del pavimento y de esta manera justificar la programación de obras de rehabilitación y mejoramiento, seleccionando la técnica de reparación más adecuada al estado del pavimento en estudio que en este caso sería el pavimento rígido con aditivos acelerantes.

4.1.3. Criterios de inspección

A continuación, se detallan algunos criterios importantes que se ha tenido en cuenta durante la inspección visual que ha permitido minimizar errores acerca de la identificación y medición de algunos tipos de fallas.

- Si el agrietamiento tipo piel de cocodrilo y ahuellamiento ocurre en la misma área, cada falla será registrada por separado en su correspondiente nivel de severidad.
- Si la exudación es considerada, entonces el agregado pulido no será tomado en cuenta en la misma área.
- El agregado pulido debe ser encontrado en cantidades considerables para que la falla sea registrada.

- Cada fisura que no tenga un mismo nivel de severidad en toda su longitud, la porción de fisura con diferente nivel de severidad será registrada en forma separada cada uno con su nivel de severidad presente.
- Si alguna falla, incluyendo fisuras o baches, es encontrada en un área parchada, ésta no debe ser registrada; sin embargo, su efecto en el parchado debe ser considerado en determinar el nivel de severidad de dicho parche.

4.1.4. Fallas niveles de seguridad y unidad de medida

A continuación, se describen los tres niveles de severidad: Low (L), Medium (M) y High (H); correspondiente a cada tipo de falla y que representan los efectos que éstas tienen sobre la calidad del tránsito. Además, se indica la unidad de medida con la que las fallas deben ser evaluadas durante la inspección visual.

4.1.4.1. Piel de cocodrilo

L – Finas fisuras longitudinales del espesor de un cabello, con recorrido paralelo entre ellas y con algunas o ninguna fisura de interconexión. Las fisuras no están desintegradas.

M – Continuación del desarrollo de las fisuras de piel de cocodrilo, finas, en un patrón o red de fisuras que podrían estar ligeramente desintegradas.

H – El patrón o red de fisuras muestra un progreso tal que las piezas que conforman la piel de cocodrilo están bien definidas y descascaradas en los bordes. Algunas de las piezas podrían oscilar o moverse bajo tráfico.

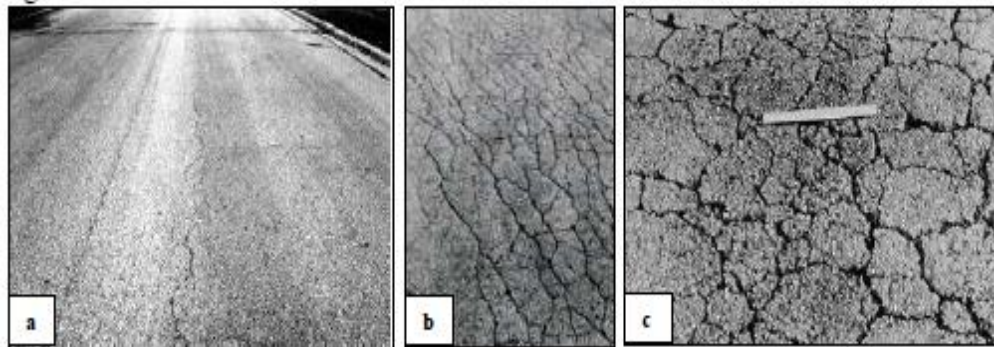


Figura 2 Piel de cocodrilo de nivel de severidad Bajo (a), medio (b) y alto (c)

Vásquez (2002)

Unidad de medida – La piel de cocodrilo es medida en metros cuadrados. Si hay presencia de dos o tres niveles de severidad en una misma área de falla estas porciones deben ser medidas y registradas por separado; sin embargo, si los diferentes niveles de severidad no pueden ser divididos fácilmente, la totalidad del área debe ser calificada con el mayor nivel de severidad presente.

4.1.4.2. Exudación

L – La exudación sólo ha ocurrido a un nivel muy ligero y es percibida sólo durante algunos días al año. El asfalto no se pega a los zapatos o llantas de los vehículos.

M – La exudación ha ocurrido llegando al punto en que el asfalto se pega a los zapatos o a las llantas de los vehículos sólo durante algunas semanas en el año.

H – La exudación ha ocurrido en forma extensiva y una cantidad considerable de asfalto se pega a los zapatos y llantas de los vehículos al menos durante varias semanas al año.

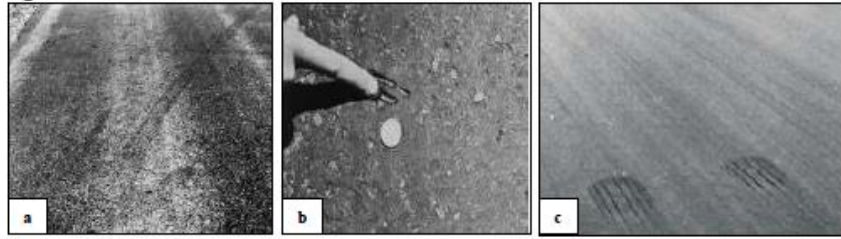


Figura 3 Exudación de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c)
Vásquez (2002)

Unidad de medida – La exudación es medida en metros cuadrados.

4.1.4.3. Agrietamiento múltiple

L – Los bloques están definidos por fisuras de baja severidad.

M – Los bloques están definidos por fisuras de mediana severidad.

H – Los bloques están definidos por fisuras de alta severidad.

Vásquez (2002)

Unidad de medida – Las fisuras en bloque son medidas en metros cuadrados. Esta falla generalmente ocurre en un sólo nivel de severidad por sección de pavimento; sin embargo, si áreas con distintos niveles de severidad pueden ser distinguidas fácilmente, entonces dichas áreas deben ser medidas y registradas en forma separada.

4.1.4.4. Abultamientos y hundimientos

L – Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de baja severidad, es decir, que se perciben ciertas vibraciones dentro del vehículo al pasar sobre el área fallada, pero no es necesario reducir la velocidad por seguridad o comodidad. Los abultamientos o hundimientos individualmente, o ambos, hacen que el vehículo rebote ligeramente, pero causa poca incomodidad.

M – Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de mediana severidad, es decir, que se perciben vibraciones significativas dentro del vehículo

al pasar sobre la zona afectada y es necesario reducir la velocidad por seguridad y comodidad. Los abultamientos hundimientos individualmente, o ambos, hacen que el vehículo rebote significativamente, creando algo de incomodidad.

H – Los abultamientos o hundimientos producen una calidad de tránsito de alta severidad. Las vibraciones del vehículo son tan excesivas que es necesario reducir la velocidad considerablemente por seguridad y comodidad. Los abultamientos o hundimientos individualmente, o ambos, hacen que el vehículo rebote excesivamente, creando mucha incomodidad, peligrando la seguridad o un alto potencial de daño severo en el vehículo.

Vásquez (2002)

Unidad de medida – Los abultamientos y hundimientos son medidos en metros lineales. Si un abultamiento ocurre en combinación con una fisura, la fisura también es registrada.

4.1.4.5. Corrugación

L – Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad, como ya se vio en la falla anterior, se perciben ciertas vibraciones dentro del vehículo de inspección, pero no es necesario reducir la velocidad por seguridad o comodidad.

M – Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad, es decir, se perciben vibraciones significativas dentro del vehículo y es necesario reducir la velocidad por seguridad y comodidad.

H – Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad. Se perciben vibraciones excesivas dentro del vehículo, por lo que es necesario reducir la velocidad considerablemente por seguridad y comodidad.

Vásquez (2002)

Unidad de medida – La corrugación es medida en metros cuadrados.

4.1.4.6. Depresión

L – La depresión tiene una altura que varía de 13 a 25 mm.

M – La altura deprimida tiene un rango de 25 a 50 mm.

H – La depresión tiene más de 50 mm.

Unidad de medida – Las depresiones son medidas en metros cuadrados.

4.1.4.7. Fisura de borde

L – Se da un bajo o mediano fisuramiento sin fragmentación o desprendimiento.

M – Se aprecia un mediano fisuramiento con alguna fragmentación o desprendimiento.

H – Existe una desintegración considerable a lo largo del borde.

Vásquez (2002)

Unidad de medida – Las fisuras de borde son medidas en metros lineales.

4.1.4.8. Fisura de reflexión de junta (de losas de concreto longitudinales o transversales)

L – Se cumple una de las siguientes condiciones: a) fisura sin relleno de ancho menor a 10 mm; b) fisura con relleno de cualquier ancho (el material de relleno se encuentra en buenas condiciones).

M – Se cumple una de las siguientes condiciones: a) fisura sin relleno de ancho mayor o igual a 10 mm y menor a 75mm; b) fisura sin relleno menor o igual a 75 mm rodeada de fisuras de baja severidad; c) fisura con relleno de cualquier ancho rodeada de fisuras de baja severidad.

H – Se cumple una de las siguientes condiciones: a) fisura con o sin relleno rodeada de fisuras de mediana o alta severidad; b) fisura sin relleno de ancho mayor a 75

mm; c) fisura de cualquier ancho donde aproximadamente 100 mm del pavimento que la rodea está desprendido o fracturado.

Vásquez (2002)

Unidad de medida – Las fisuras de reflexión de junta son medidas en metros lineales. La longitud y nivel de severidad de cada fisura debe ser identificada y registrada por separado. Si se presenta un abultamiento en la fisura de reflexión, éste también debe ser registrado.

4.1.4.9. Desnivel carril - berma

L – La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 25mm y menor a 50 mm.

M – La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 50mm y menor a 100 mm.

H – La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 100 mm.

Vásquez (2002)

4.1.4.10. Fisuras longitudinales y transversales

L – Se cumple una de las siguientes condiciones: a) fisura sin relleno de ancho menor a 10 mm; b) fisura con relleno de cualquier ancho (el material de relleno está en buenas condiciones).

M – Se cumple una de las siguientes condiciones: a) fisura sin relleno de ancho mayor o igual a 10 mm y menor a 75 mm; b) fisura sin relleno menor o igual a 75 mm rodeada de fisuras en forma aleatoria, de baja severidad; c) fisura con relleno de cualquier ancho rodeada de fisuras de baja severidad y en forma aleatoria.

H – Se cumple una de las siguientes condiciones: a) fisura con o sin relleno, rodeada de fisuras en forma aleatoria, de mediana o alta severidad; b) fisura sin relleno de ancho mayor a 75 mm; c) fisura de cualquier ancho donde

aproximadamente 100 mm del pavimento que la rodea está severamente fracturado.

Vásquez (2002)

Unidad de medida – Las fisuras longitudinales y transversales con medidas en metros lineales. Si la fisura no tiene el mismo nivel de severidad en toda su longitud, cada porción de la fisura con distinto nivel de severidad debe ser registrada por separado.

4.1.4.11. Parches y parches de cortes utilitarios

L – El parche se encuentra en buenas condiciones y la calidad de tránsito es de baja severidad.

M – El parche está deteriorado en forma moderada, la calidad de tránsito es calificada como de mediana severidad.

H – El parche se encuentra muy deteriorado y la calidad de tránsito es de alta severidad.

Vásquez (2002)

Unidad de medida – Los parches son medidos en metros cuadrados. Si un mismo parche tiene áreas con diferentes niveles de severidad, estas áreas deben ser medidas y registradas por separado. Cualquier tipo de falla encontrada en el parche no debe ser registrada; sin embargo, su efecto en el parche será considerado para determinar su nivel de severidad.⁴⁷

4.1.4.12. Agregado pulido

No hay niveles de severidad definidos para este tipo de falla. El agregado pulido debe ser claramente notable en la unidad de muestra, y la superficie de agregado debe ser suave al tacto.

Vásquez (2002)

Unidad de medida – El agregado pulido es medido en metros cuadrados. Si se registra exudación, entonces el agregado pulido ya no debe ser registrado.

4.1.4.13. Baches

Los niveles de severidad para baches menores a 750 mm de diámetro pueden ser baja, media y alta. Si el bache tiene un diámetro mayor a 750 mm, el área debe ser determinada en metros cuadrados y dividida entre 0.5 m² para hallar el número equivalente de baches. Si la profundidad es menor o igual a 25 mm los baches son considerados de mediana severidad, en cambio si la profundidad es mayor a 25 mm, los baches son de alta severidad.

Vásquez (2002)

Unidad de medida – Los baches no son medidos sino contados y registrados por separado de acuerdo a su nivel de severidad bajo, mediano o alto.

4.1.4.14. Cruce de Ferrocarril

No hay niveles de severidad definidos para este tipo de falla.

Unidad de medida – El cruce de los ferrocarriles será medido por el ancho de la misma y longitud en metros cuadrados.

4.1.4.15. Canalizaciones

L – La depresión superficial, causada por las ruedas de los vehículos, varía entre 6 y 13 mm.

M – La depresión va entre 13 y 25 mm.

H – La depresión es mayor a 25 mm.

Vásquez (2002)

Unidad de medida – El ahuellamiento es medido en metros cuadrados.

4.1.4.16. Fisura parabólica o por deslizamiento

L – El ancho promedio de la fisura es menor a 10 mm.

M – Se cumple una de las siguientes condiciones: a) el ancho promedio de la fisura es ≥ 10 y < 40 mm; b) el área que rodea la fisura está descascarada en forma moderada, o rodeada de otras fisuras.

H – Se cumple una de las siguientes condiciones: a) el ancho promedio de la fisura es > 40 mm; b) el área que rodea la fisura está fracturada en pequeñas piezas removidas.

Vásquez (2002)

Unidad de medida – Las fisuras parabólicas o por deslizamiento son medidas en metros cuadrados y calificadas de acuerdo al mayor nivel de severidad presente en el área.

4.1.4.17. Desplazamiento

L – El desplazamiento genera una calidad de tránsito de baja severidad.

M – El desplazamiento genera una calidad de tránsito de mediana severidad.

H – El desplazamiento genera una calidad de tránsito de alta severidad.

Vásquez (2002)

Unidad de medida – Los desplazamientos son medidos en metros cuadrados. Los desplazamientos que ocurren en parches son considerados para calificar los mismos y no se toman en cuenta como fallas por separado.⁴⁹

4.1.4.18. Hinchamiento

L – Cuando el hinchamiento causa una calidad de tránsito de severidad baja.

M – Cuando el hinchamiento causa una calidad de tránsito de severidad mediana.

H – Cuando el hinchamiento causa una calidad de tránsito de severidad alta.

Vásquez (2002)

Unidad de medida –El área de hinchamiento es medido en metros cuadrados.

4.1.4.19. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados

L – El agregado o el ligante ha comenzado a desprenderse. En algunas áreas de la pista se aprecian huecos. En el caso de derrames, las manchas de aceite son visibles, pero la superficie está dura y no puede ser penetrada con una moneda.

M – Se han desprendido los agregados o el ligante. La textura en la superficie es moderadamente rugosa y presenta pequeños huecos. En el caso de derrames de aceite, la superficie es suave y puede ser penetrada con una moneda.

H – El desprendimiento del ligante y el agregado es considerable. La textura de la superficie es muy rugosa y está severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas son menores a 10 mm en diámetro y menores a 13mm en profundidad; las áreas ahuecadas mayores que éstas son consideradas como fallas tipo baches. Para el caso de los derrames de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto de liga y el agregado ha comenzado a perderse.

Vásquez (2002)

Unidad de medida –Las peladuras y desprendimientos son medidos en metros cuadrados.

4.1.5. Cálculo del PCI

4.1.5.1. Determinación del PCI de la unidad de muestra

Para el cálculo del PCI se deberá tener en cuenta lo siguiente:

1. Se sumará la cantidad total de cada tipo de falla para cada nivel de severidad, y registrar esta información en la columna “Total de Severidades”. Las unidades para las cantidades deben ser en metro cuadrado, metro lineal, o número de ocurrencia, dependiendo del tipo de falla.
2. Dividir la cantidad total de cada tipo de falla en cada nivel de severidad (columna total de severidades) entre el área total de la unidad de muestra y multiplicar el resultado por 100 para obtener la densidad porcentual.
3. Determinar el valor deducido (DV) para cada combinación de tipo de falla y nivel de severidad utilizando las curvas de valor deducido de fallas que se encuentran en el anexo A.
4. Determinar el máximo valor deducido corregido (CDV), mediante los siguientes pasos:
 - 4.1. Si ninguno o solamente un valor deducido individual es mayor que dos. El valor total es usado en lugar del máximo CDV para determinar el PCI; de otro modo, el máximo CDV debe ser determinado usando el procedimiento descrito en 4.2. – 4.5.
 - 4.2. Crear una lista de valores deducidos individuales en orden descendente.
 - 4.3. Determinar el número de deducciones permisibles, “m”, o empleando la siguiente fórmula (ver Ec. 1):

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) 100 - HDV \leq 10$$

Ecuación 1

Donde:

m = número máximo admisible de valores deducidos incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a diez).

HDV = el mayor valor deducido individual para la unidad de muestra.

4.4. El número de valores deducidos individuales es reducido al máximo admisible de valores deducidos “m”, incluyendo su parte fraccionaria. Si contamos con un número de valores deducidos menor a “m”, todos los valores deducidos deben ser usados.

4.1.5.2. Rango de Clasificación Metodología PCI

Tabla 5 *Índice de condición de pavimento*

Rango	Clasificación
100-85	Excelente
85-70	Muy Bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy Malo
10-0	Fallado

Vásquez (2002)

4.1.6. Diagnóstico de Situación Actual

En el presente ítem se describirán y detallarán el estado actual cualitativo y cuantitativo del pavimento de la avenida Dominicos.

4.1.6.1. Tramo 1:

El tramo se caracteriza por tener una topografía plana. El ancho de vía en estudio es de 5.2 m y apreciaremos en la Figura N°20 del Estado actual de la vía.

El pavimento existente en el tramo 1 es flexible y se encuentra en un mal estado, se evidencia principalmente fallas como: fisuras longitudinales y transversales.

Se muestra el estado actual de los en mal estado ya que tiene la presencia de falla por baches, fisuras longitudinales y transversales.

4.1.6.2. Tramo 2:

El tramo se caracteriza por tener una topografía plana. El ancho de vía en estudio es de 5.2 m y apreciaremos en la figura N°24 del Estado actual de la vía.

El pavimento existente en el tramo 2 es flexible y se encuentra en un mal estado, se evidencia principalmente fallas como: fisuras longitudinales y transversales.

Se muestra el estado actual de los en mal estado ya que tiene la presencia de falla por baches, fisuras longitudinales y transversales.

4.1.6.3. Tramo 3:

El tramo se caracteriza por tener una topografía plana. El ancho de vía en estudio es de 5.2 m y apreciaremos en la figura N°28 del Estado actual de la vía.

El pavimento existente en el tramo 3 es flexible y se encuentra en un mal estado, se evidencia principalmente fallas como: fisuras longitudinales y transversales.

Se muestra el estado actual de los en mal estado ya que tiene la presencia de falla por baches, fisuras longitudinales y transversales.

4.1.6.4. Tramo 4:

El tramo se caracteriza por tener una topografía plana. El ancho de vía en estudio es de 5.2 m y apreciaremos en la figura N°32 del Estado actual de la vía.

El pavimento existente en el tramo 4 es flexible y se encuentra en un mal estado, se evidencia principalmente fallas como: fisuras longitudinales y transversales.

Se muestra el estado actual de los en mal estado ya que tiene la presencia de falla por baches, fisuras longitudinales y transversales.

Cuadro del Cálculo del PCI:

HOJA DE DESARROLLO RELEVAMIENTO ASFALTICO CON METODOLOGIA PCI										
TESIS : Evaluación superficial del pavimento mediante el método del PCI en la avenida dominicos en el distrito de San Martín de Porres. Lima. 2016										
VIA DE ESTUDIO: AVENIDA DOMINICOS				TRAMO: 4						
TIPOS DE DAÑOS										
1. Piel de Cocodrilo			11. Parches							
2. Exudación del asfalto			12. Desgaste de los agregados							
3. Agrietamiento múltiple			13. Baches							
4. Protuberancias			14. Cruce de ferrocarril							
5. Corrugaciones			15. Canalizaciones							
6. Depresiones			16. Ondulaciones							
7. Agrietamiento en los bordes			17. Agrietamiento por deslizamiento							
8. Agrietamiento por Reflexión de Jts.			18. Hinchamientos							
9. Caída de carril/hombro			19. Desgaste y Desprendimientos							
10. Agrietamiento Long & Transv										
CALCULO DEL PCI										
CODIGO FALLA	METRADOS			DENSIDADES (%)			VALORES DEDUCIDOS			TOTAL
	L	M	H	L	M	H	L	M	H	
1	--	28.60	--	--	2.01	--	--	22.00	--	22.00
2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10	--	364.20	--	--	25.59	--	--	35.00	--	35.00
11	--	--	263.70	--	--	18.53	--	--	32.00	32.00
12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
19	--	21.50	--	--	1.51	--	--	10.00	--	10.00
TOTAL VALOR DEDUCIDO (TDV)										99.00
NUMERO DE DEDUCCIONES MAYORES A 5 (Q)										4.00
VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)										69
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)										31
CLASIFICACION										MALO

Figura 4 Cálculo del PCI tramo 4

4.1.6.5. Tramo 5:

El tramo se caracteriza por tener una topografía plana. El ancho de vía en estudio es de 5.2 m y apreciaremos en la Figura N°36 del Estado actual de la vía.

El pavimento existente en el tramo 5 es flexible y se encuentra en un mal estado, se evidencia principalmente fallas como: fisuras longitudinales y transversales.

En la Figura N°37, 38 se muestra el estado actual de los en mal estado ya que tiene la presencia de falla por baches, fisuras longitudinales y transversales.

4.1.6.6. Tramo 6:

El tramo se caracteriza por tener una topografía plana. El ancho de vía en estudio es de 5.2 m y apreciaremos en la figura N°40 del Estado actual de la vía.

El pavimento existente en el tramo 6 es flexible y se encuentra en un mal estado, se evidencia principalmente fallas como: fisuras longitudinales y transversales.

Se muestra el estado actual de los en mal estado ya que tiene la presencia de falla por baches, fisuras longitudinales y transversales.

HOJA DE DESARROLLO RELEVAMIENTO ASFALTICO CON METODOLOGIA PCI										
TESIS : Evaluación superficial del pavimento mediante el método del PCI en la avenida dominicos en el distrito de San Martín de porres. Lima. 2016.										
VIA DE ESTUDIO: AVENIDA DOMINICOS				TRAMO: 6						
TIPOS DE DAÑOS										
1. Piel de Cocodrilo				11. Parches						
2. Exudación del asfalto				12. Desgaste de los agregados						
3. Agrietamiento múltiple				13. Baches						
4. Protuberancias				14. Cruce de ferrocarril						
5. Corrugaciones				15. Canalizaciones						
6. Depresiones				16. Ondulaciones						
7. Agrietamiento en los bordes				17. Agrietamiento por deslizamiento						
8. Agrietamiento por Reflexión de Jts.				18. Hinchamientos						
9. Caída de carril/hombro				19. Desgaste y Desprendimientos						
10. Agrietamiento Long & Transv				AREA TOTAL= 1665.1						
CALCULO DEL PCI										
CODIGO FALLA	METRADOS			DENSIDADES (%)			VALORES DEDUCIDOS			TOTAL
	L	M	H	L	M	H	L	M	H	
1	--	34.60	--	--	2.08	--	--	20.00	--	20.00
2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10	--	297.50	--	--	17.87	--	--	--	--	--
11	--	--	--	--	--	--	--	31.00	--	31.00
12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13	--	--	73.50	--	--	4.41	--	--	74.00	74.00
14	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
19	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
TOTAL VALOR DEDUCIDO (TDV)										125.00
NUMERO DE DEDUCCIONES MAYORES A 5 (Q)										3.00
VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)										74
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)										26
CLASIFICACION										MALO



Figura 45 Cálculo de PCI tramo 6

4.1.6.7. Tramo 7:

El tramo se caracteriza por tener una topografía plana. El ancho de vía en estudio es de 5.2 m y apreciaremos en la figura N°44 del Estado actual de la vía.

El pavimento existente en el tramo 7 es flexible y se encuentra en un mal estado, se evidencia principalmente fallas como: fisuras longitudinales y transversales.

Se muestra el estado actual de los en mal estado ya que tiene la presencia de falla por baches, fisuras longitudinales y transversales.

4.1.6.8. Tramo 8:

El tramo se caracteriza por tener una topografía plana. El ancho de vía en estudio es de 5.2 m y apreciaremos en la figura N°48 del Estado actual de la vía.

El pavimento existente en el tramo 8 es flexible y se encuentra en un mal estado, se evidencia principalmente fallas como: fisuras longitudinales y transversales.

Se muestra el estado actual de los en mal estado ya que tiene la presencia de falla por baches, fisuras longitudinales y transversales.

Cuadro del Cálculo del PCI:

HOJA DE DESARROLLO RELEVAMIENTO ASFALTICO CON METODOLOGIA PCI										
TESIS : Evaluación superficial del pavimento mediante el método del PCI en la avenida dominicos en el distrito de San Martín de Porres. Lima. 2016										
VIA DE ESTUDIO: AVENIDA DOMINICOS				TRAMO: 8						
TIPOS DE DAÑOS										
1. Piel de Cocodrilo			11. Parches							
2. Exudación del asfalto			12. Desgaste de los agregados							
3. Agrietamiento múltiple			13. Baches							
4. Protuberancias			14. Cruce de ferrocarril							
5. Corrugaciones			15. Canalizaciones							
6. Depresiones			16. Ondulaciones							
7. Agrietamiento en los bordes			17. Agrietamiento por deslizamiento							
8. Agrietamiento por Reflexión de Jts.			18. Hinchamientos							
9. Caída de carril/hombro			19. Desgaste y Desprendimientos							
10. Agrietamiento Long & Transv										
CALCULO DEL PCI										
CODIGO FALLA	METRADOS			DENSIDADES (%)			VALORES DEDUCIDOS			TOTAL
	L	M	H	L	M	H	L	M	H	
1	--	28.60	--	--	2.01	--	--	22.00	--	22.00
2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10	--	364.20	--	--	25.57	--	--	35.00	--	35.00
11	--	--	263.70	--	--	18.52	--	--	32.00	32.00
12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
19	--	21.50	--	--	1.51	--	--	10.00	--	10.00
TOTAL VALOR DEDUCIDO (TDV)										99.00
NUMERO DE DEDUCCIONES MAYORES A 5 (Q)										4.00
VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)										68
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)										32
CLASIFICACION										MALO

Figura 6 Cálculo del PCI tramo 8

4.1.6.9. Tramo 9:

El tramo se caracteriza por tener una topografía plana. El ancho de vía en estudio es de 5.2 m y apreciaremos en la figura N°52 del Estado actual de la vía.

El pavimento existente en el tramo 1 es flexible y se encuentra en un mal estado, se evidencia principalmente fallas como: fisuras longitudinales y transversales.

Se muestra el estado actual de los en mal estado ya que tiene la presencia de falla por baches, fisuras longitudinales y transversales.

Cuadro del Cálculo del PCI:

HOJA DE DESARROLLO RELEVAMIENTO ASFALTICO CON METODOLOGIA PCI										
TESIS : Evaluación superficial del pavimento mediante el método del PCI en la avenida dominicos en el distrito de San Martín de Porres. Lima. 2016.										
VIA DE ESTUDIO: AVENIDA DOMINICOS				TRAMO: 9						
TIPOS DE DAÑOS										
1. Piel de Cocodrilo				11. Parches						
2. Exudación del asfalto				12. Desgaste de los agregados						
3. Agrietamiento múltiple				13. Baches						
4. Protuberancias				14. Cruce de ferrocarril						
5. Corrugaciones				15. Canalizaciones						
6. Depresiones				16. Ondulaciones						
7. Agrietamiento en los bordes				17. Agrietamiento por deslizamiento						
8. Agrietamiento por Reflexión de Jts.				18. Hinchamientos						
9. Caída de carril/hombro				19. Desgaste y Desprendimientos						
10. Agrietamiento Long & Transv										
CALCULO DEL PCI										
CODIGO FALLA	METRADOS			DENSIDADES (%)			VALORES DEDUCIDOS			TOTAL
	L	M	H	L	M	H	L	M	H	
1	--	34.60	--	--	2.08	--	--	20.00	--	20.00
2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10	--	321.80	--	--	19.34	--	--	--	--	--
11	--	--	--	--	--	--	--	31.00	--	31.00
12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13	--	--	80.90	--	--	4.86	--	--	74.00	74.00
14	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
19	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
TOTAL VALOR DEDUCIDO (TDV)										125.00
NUMERO DE DEDUCCIONES MAYORES A 5 (Q)										3.00
VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)										78
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)										22
CLASIFICACION										MUY MALO

Figura 7 Cálculo de PCI tramo 9

4.1.6.10. Tramo 10:

El tramo se caracteriza por tener una topografía plana. El ancho de vía en estudio es de 5.2 m y apreciaremos en la figura N°56 del Estado actual de la vía.

El pavimento existente en el tramo 1 es flexible y se encuentra en un mal estado, se evidencia principalmente fallas como: fisuras longitudinales y transversales.

Se muestra el estado actual de los en mal estado ya que tiene la presencia de falla por baches, fisuras longitudinales y transversales.

Cuadro del Cálculo del PCI:

HOJA DE DESARROLLO RELEVAMIENTO ASFALTICO CON METODOLOGIA PCI										
TESIS : Evaluación superficial del pavimento mediante el método del PCI en la avenida dominicos en el distrito de San Martín de Porres. Lima. 2016										
VIA DE ESTUDIO: AVENIDA DOMINICOS				TRAMO: 10						
TIPOS DE DAÑOS										
1. Piel de Cocodrilo			11. Parches							
2. Exudación del asfalto			12. Desgaste de los agregados							
3. Agrietamiento múltiple			13. Baches							
4. Protuberancias			14. Cruce de ferrocarril							
5. Corrugaciones			15. Canalizaciones							
6. Depresiones			16. Ondulaciones							
7. Agrietamiento en los bordes			17. Agrietamiento por deslizamiento							
8. Agrietamiento por Reflexión de Jts.			18. Hinchamientos							
9. Calda de carril/hombro			19. Desgaste y Desprendimientos							
10. Agrietamiento Long & Transv										
										AREA TOTAL= 1425.6
CALCULO DEL PCI										
CODIGO FALLA	METRADOS			DENSIDADES (%)			VALORES DEDUCIDOS			TOTAL
	L	M	H	L	M	H	L	M	H	
1	--	29.40	--	--	2.06	--	--	22.00	--	22.00
2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10	--	362.30	--	--	25.41	--	--	35.00	--	35.00
11	--	--	261.30	--	--	18.33	--	--	32.00	32.00
12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
16	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
19	--	22.40	--	--	1.57	--	--	10.00	--	10.00
TOTAL VALOR DEDUCIDO (TDV)										99.00
NUMERO DE DEDUCCIONES MAYORES A 5 (Q)										4.00
VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)										67
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)										33
CLASIFICACION										MALO

Figura 85 Cálculo del PCI tramo 10

4.2. Estudio de Suelos

4.2.1. Ensayos de laboratorio

Las muestras representativas de los diferentes tipos de materiales encontrados, fueron seleccionadas para las pruebas de laboratorio. El programa de pruebas de laboratorio fue diseñado para clasificar los tipos de materiales predominantes encontradas en el sitio y para medir sus propiedades de ingeniería básica

El programa de ensayos comprende la realización de los siguientes ensayos:

- Clasificación SUCS (ASTM D-2487)
- Humedad Natural (ASTM D-2216)
- Análisis Granulométrico (ASTM D-422)
- Límite líquido (ASTM D-4318)
- Límite plástico (ASTM D-4318)
- Proctor Modificado (ASTM D-1557)
- CBR (ASTM D-1883)

Los informes de resultado de estos ensayos se presentan en el Anexo I (Ensayos de Laboratorio).

4.2.2. Ensayos estándar y clasificación de suelos

En las muestras seleccionadas obtenidas en la exploración de campo se llevaron a cabo ensayos estándar de laboratorio con fines de identificación y clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

4.2.3. Ensayo de compactación

En las muestras seleccionadas obtenidas en la exploración de campo se llevaron a cabo ensayos de compactación con fines de medir la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada.

Cuadro 1 Resumen de ensayos Proctor Modificado (ASTM D 1557) C-01, C-02 y C-03

CALICATA	C--01
Muestra	M-01
Profundidad (m)	0.00 - 1.50
Máxima Densidad Seca (g/cm ³)	1.891
Optimo Contenido de Humedad (%)	13.4

Cuadro 2 Resultados de Ensayo CBR (California Bearing Ratio)

			Penetración (2.5mm)	
CALICATA	Muestra	Profundidad (m)	CBR AL 100% DE LA M.D.S.	CBR AL 95% DE LA M.D.S.
C-01	M-1	0.40-1.50	20.4	14.3

Cuadro 3 Resultados de Ensayos CBR (California Bearing Ratio)

			Penetración (5.0mm)	
CALICATA	Muestra	Profundidad (m)	CBR AL 100% DE LA M.D.S.	CBR AL 95% DE LA M.D.S.
C-01	M-1	0.40-1.50	18.8	13.2

4.3. Pavimento Rígido y aditivos acelerantes

4.3.1. Ubicación del área de estudio

Avenida Dominicos, tramo entre las avenidas Canta Callao y la Avenida Santa Rosa en el distrito de San Martín de Porres, Lima.

4.3.2. Trabajos de campo

Con la finalidad de complementar y evaluar las condiciones geotécnicas de los materiales del subsuelo con fines de pavimentación, se excavaron 3 calicatas de 1.50m. De profundidad en promedio.

Las calicatas fueron excavadas manualmente; en el Cuadro N° 4 se presenta un resumen en detalle de las exploraciones realizadas compatibilizadas con los ensayos de laboratorio. Como se puede observar la profundidad máxima alcanzada en las calicatas fue de 1.50 m. En cada una de las calicatas se realizó un detallado registro y muestreo de los diferentes tipos de materiales existentes.

En el Anexo I se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio, en el Anexo II se presenta un perfil estratigráfico donde se puede observar los tipos de materiales encontrados en las calicatas.

Tabla 6 *Relación de calicatas excavadas*

Calicata N°	Profundidad (m)	Clasificación (SUCS)	Descripción
C - 01	0.0- 0.20	-	Rellena de arena limosa contaminada compactado
	0.20 – 1.50	ML	Arena limosa, con presencia de Gravillas compacto, ligeramente húmedo
C – 02	0.00-0.20	-	Rellena de arena limosa contaminada compactado
	0.20-1.50	ML	Arena limoso, compacto, ligeramente húmedo
C - 03	0.0-0.20	-	Rellena de arena limosa contaminada compactado
	0.20 – 1.50	ML	Limo arenoso, con presencia de Gravillas aisladas compacto, ligeramente húmedo

4.3.3. Muestreo disturbado

Se tomaron muestras disturbadas de cada uno de los tipos de suelos encontrados, en cantidad suficiente como para realizar los ensayos de clasificación e identificación de suelos, ensayo de Proctor Modificado y ensayo de CBR (California Bearing Radio).

4.3.4. Diseño del Pavimento Rígido

Para el diseño del Pavimento empleando la Metodología AASHTO-93, se tiene que tener variables como insumos para el cálculo del espesor del pavimento; a continuación, ampliaciones sobre las variables a emplear.

4.3.4.1. CBR de diseño

Para tener esta variable procedemos a tomar el valor de CBR obtenido de laboratorio de suelos

Tabla 7 Calculo del CBR de diseño

CALCULO DEL CBR DE DISEÑO				
CALICATA	PROFUNDIDAD	CBR 0.2"		COMENTARIO
		100%	95%	
C-01	0.40-1.50	18.8	13.2	
		PROMEDIO: 13.2		

Este valor promedio queda comprendido en un S3: Sub Rasante Buena

4.3.4.2. Tráfico de diseño

Esta variable representa una de las variables más importantes para el cálculo del espesor del pavimento

De acuerdo al Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, cuadro 9, se presenta tipos de tráfico pesado expresado en EE.

Tabla 8 *Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2t, en el carril de diseño para pavimentos flexibles, semirrígidos y rígidos*

Tipos Tráficos Pesado expresado en EE	Rangos de Tráficos Pesado expresado en EE
Tp0	>75,000 EE <150,000 EE
Tp1	>150,000 EE <300,000 EE
Tp2	>300,000 EE <500,000 EE
Tp3	>500,000 EE <750,000 EE
Tp4	>750,000 EE <1 000,000 EE
Tp5	>1 000,000 EE <1 500,000 EE
Tp6	>1 500,000 EE <3 000,000 EE
Tp7	>3 000,000 EE <5 000,000 EE
Tp8	>5 000,000 EE <7 500,000 EE
Tp9	>7 500,000 EE <10 000,000 EE
Tp10	>10 000,000 EE <12 500,000 EE
Tp11	>12 500,000 EE <15 000,000 EE
Tp12	>15 000,000 EE <20 000,000 EE
Tp13	>20 000,000 EE <25 000,000 EE
Tp14	>25 000,000 EE < 30 000,000 EE
Tp15	>30 000,000 EE

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos – sección: Suelos y pavimentos

En donde:

EE: Cálculo del número de cargas equivalentes

No se tiene tráfico estudiado dentro de la urbanización por tal se ha estimado para fines de diseño un de tráfico 1.00×10^6 que corresponde a la categoría **Tp4**, cuyo rango se encuentra entre 7.5×10^5 hasta 1×10^6 .

4.3.4.3. Periodo de diseño

El periodo de diseño para la estimación de los espesores del pavimento se estima en 20 años.

4.3.4.4. Tipos de pavimento rígido

Los pavimentos de concreto reciben el nombre de “rígidos”, debido a la naturaleza de la losa de concreto que la constituye. La losa absorbe casi la totalidad de esfuerzos producidos por las repeticiones de las cargas de tránsito, proyectando en menor intensidad los esfuerzos a las capas inferiores y finalmente a la sub rasante.

Existen tres tipos de pavimentos de concreto:

Pavimento de concreto simple con juntas.

Pavimento de concreto reforzado con juntas.

Pavimento de concreto continuamente reforzados.

Los pavimentos de concreto con juntas son los que mejor se aplican a la realidad nacional debido a su buen desempeño y a los periodos de diseño que usualmente se emplean.

4.3.4.5. Sub base Granular

Tabla 9 CBR mínimos recomendados para la Subbase granular de Pavimentos Rígidos según intensidad de tráfico expresado en EE

Tráfico	Ensayo Norma	Requerimiento
Para tráfico $<15 \times 10^6$ EE	MTC E 132	CBR mínimo 40% (1)
Para tráfico $>15 \times 10^6$ EE	MTC E 132	CBR mínimo 60% (1)

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos – sección: Suelos y pavimentos

El material granular para la capa de subbase deberá cumplir con los requisitos de la Sección 402 Subbases Granulares de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción (EG-2013), Asimismo debe cumplir los requisitos de equipos, requerimientos de construcción, control de calidad, aceptación de los trabajos, y las consideraciones de CBR, que para el proyecto serán:

Tabla 10 Valor relativo de soporte, CBR en Subbase Granular (*)

CBR en Subbase Granular	Mínimo 40%
--------------------------------	-------------------

(*) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una penetración de 0.1" (2.5mm)

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos – sección: Suelos y pavimentos

4.3.4.6. Resistencia a la Flexotracción del Concreto (MR) y Resistencia del Concreto

Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es que se introduce este parámetro en la ecuación AASHTO 93.

Para el pavimento del proyecto se requiere una Resistencia Mínima a la Flexotracción del Concreto (MR) de 40 Kg/cm² y una Resistencia Mínima Equivalente a la Compresión del Concreto (F'c) de 280kg/cm², para tráficos menores a 5x10e6 EE, que es el caso del presente diseño.

Para asegurar una resistencia a la compresión del concreto (F'C) incluir en el diseño de mezcla del concreto la aplicación de aditivos.

Tabla 11 *Valores recomendados resistencia del concreto según rango de tráfico*

Rangos de tráfico pesado expresado en EE	Resistencia mínima a la Flexotracción del concreto (MR)	Resistencia mínima equivalente a la compresión del concreto (F'c)
<5 000,000 EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²

>5 000,000 EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
<15 000,000 EE		
>15 000,000 EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos – sección: Suelos y pavimentos

4.3.4.7. Coeficiente de transferencia de carga (J)

Este factor toma en cuenta la capacidad del pavimento de concreto de transmitir las cargas a través de los extremos de las losas (juntas o grietas). Para el proyecto se asumirá un $J=2.8$, que representa como soporte lateral una berma Concreto Hidráulico.

Tabla 12 Valores de coeficiente de transmisión de carga J

Tipos de berma	J			
	Granular o Asfáltica		Concreto Hidráulico	
Valores J	SI (Con pasadores)	NO (sin pasadores)	SI (con pasadores)	NO (sin pasadores)
	3.2	3.8 – 4.4	2.8	3.8

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos – sección: Suelos y pavimentos


4.3.4.8. Espesor del pavimento

Los materiales para la fabricación del pavimento rígido, deberán cumplir con los requisitos especificados en el Capítulo 4 Pavimentos Rígidos, respecto a los agregados gruesos, agregados finos, gradación y los tipos de cemento, así mismo se deben cumplir con requisitos de equipos, requerimientos de construcción, control de calidad y aceptación de los trabajos.

De acuerdo al Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, ingresamos a la Figura 44, con los valores del CBR, Trafico de diseño y obtenemos lo espesores recomendados.

Figura 14.6
CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO RIGIDO CON PASADORES Y CON BERMAS DE CONCRETO Y PARA UN FACTOR
j = 2.8
PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS

EE	M ₀	Tr0	Tr1	Tr2	Tr3	Tr4	Tr5	Tr6	Tr7	
		75.001-150.000	150.001-300.000	300.001-500.000	500.001-750.000	750.001-1.000.000	1.000.001-1.500.000	1.500.001-2.000.000	2.000.001-3.000.000	3.000.001-5.000.000
CBR < 6%	≤ 185 PCI (52 MPa/m)	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	20 cm	22 cm
		15 cm (*)	15 cm (*)	15 cm (*)	15 cm (*)	15 cm (*)	15 cm (*)	15 cm (*)	15 cm (*)	15 cm (*)
≥ 6% CBR ≤ 10%	≥ 185 PCI (52 MPa/m)	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	20 cm	22 cm
		15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm
≥ 10% CBR ≤ 20%	≥ 223 PCI (63 MPa/m)	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	18 cm	21 cm
		15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm
≥ 20% CBR ≤ 30%	≥ 279 PCI (79 MPa/m)	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	19 cm	21 cm
		15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm
CBR ≥ 30%	≥ 373 PCI (105 MPa/m)	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	16 cm	20 cm
		15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm



Lote de Concreto

Subbase Granular

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos serán definidos en estudios específicos.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. j = 2.8 (Pavimento rígido con BERMAS DE CONCRETO y con PASADORE).
4. En la etapa de Operación y Conservación Vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectúa al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada cuatro años.
b) Evaluaciones Estructurales del Pavimento: Deflexiones, se efectuará al menos una medición cada ocho años.
c) Efectuar mantenimiento de pavimento existente y periódicamente Resultado de Juntas.



Figura 9 Manual de carreteras

Por lo tanto, resumiendo, tenemos en el siguiente cuadro:

Tabla 13 Espesores pavimento de concreto

ESPESORES RECOMENDADOS PAVIMENTO DE CONCRETO		
ITEM	ESPESOR (m)	
	SUB BASE	CONCRETO
VIAS GENERAL	0.15	0.15

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos – sección: Suelos y pavimentos

4.3.4.9. Juntas Longitudinales y juntas transversales:

El objetivo de las juntas es controlar la fisuración y agrietamiento que sufre la losa del pavimento debido a la contracción propia del concreto por pérdida de humedad, así como a las variaciones de temperatura que sufre la losa por su exposición al medioambiente, y el gradiente de temperatura existente desde la superficie hasta la subbase.

Las juntas se agruparán en longitudinales y transversales.

La longitud de las losas nos determina la disposición de las juntas transversales y las juntas longitudinales, siendo la longitud de la losa no mayor a 1.25 veces su ancho.

Tabla 14 Dimensiones de Losa

Ancho de Carril (m)= Ancho de Losa (m)	Longitud de Losa (m)
2.70	3.30
3.00	3.70
3.30	4.10
3.60	4.50

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos – sección: Suelos y pavimentos

Los anchos típicos son de 3.60m, por lo tanto, la longitud de la losa será de 4.50m, quiere decir que las juntas transversales estarán separadas 4.50m.

4.3.4.10. Juntas Longitudinales

Las juntas longitudinales de contracción, dividen los carriles de tránsito y controlan el agrietamiento y fisuración cuando se construyen en simultáneo dos o más carriles, se pueden realizar mediante el corte a la tercera parte del espesor de la losa de concreto, con un disco de 3 mm.

4.3.4.11. Juntas Transversales

Se construyen transversalmente a la línea central del pavimento y están espaciadas para controlar la fisuración y el agrietamiento provocados por la retracción del concreto, y por los cambios de humedad y temperatura, se realizan cortando el concreto hasta la tercera parte del espesor de la losa, con un disco de 3mm, que logra la abertura suficiente para inducir la fisura.

4.3.4.12. Mecanismos de transferencia de carga

Es la capacidad que tiene una junta de transferir algo de la carga de un lado de la junta a otro, es decir de un paño al paño adyacente, Se requiere de un adecuado mecanismo de transferencia para asegurar un buen desempeño dado que disminuye las deflexiones, reduce el escalonamiento, el despostillamiento en las juntas, y las fisuras en las esquinas.

Para el proyecto vamos a emplear Pasadores o Dowells, para las juntas transversales y Barras de Amarre para las juntas longitudinales.

4.3.4.13. Pasadores o Dowells

Son barras de acero lisas (cuyo diámetro aproximado es 1/8 del espesor de las losas), insertadas en la mitad de las juntas con el propósito de transferir cargas sin restringir el movimiento de las losas y permitiendo el alineamiento horizontal y vertical.

Tabla 15 Diámetros y longitudes recomendadas en pasadores

DIAMETROS Y LONGITUDES RECOMENDADAS EN PASADORES				
Espesor de losa (mm)	Diámetro		Longitud del pasador o dowells (mm)	Separadores entre pasadores (mm)
	mm	pulgada		
150	25	1"	410	300

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos –
sección: Suelos y pavimentos

4.3.4.14. Barras de Amarre

Las barras de amarre de acero corrugado se colocan entre carriles, de manera perpendicular a la junta longitudinal para que la misma se separe con el tiempo.

A continuación, se muestra el cuadro N°17 con los valores recomendados.

Tabla 16 Diámetros y longitudes recomendadas en barras de amarre

Espesor de losa (mm)	Diámetro		Longitud	Distancia de la junta al extremo libre 3.60 m
	mm	pulgada		
150	12.7	1/2"	66 cm	@ 76cm

Fuente: Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos –
sección: Suelos y pavimentos

4.3.5. Aditivos acelerantes

4.3.5.1. Generalidades

Aditivo es una sustancia química, generalmente dosificada por debajo del 5% de la masa del cemento, distinta del agua, los agregados, el cemento y los refuerzos de fibra, que se emplea como ingrediente de la pasta, del mortero o del

concreto, y se agrega al conjunto antes o durante el proceso de mezclado, con el fin de modificar alguna o algunas de sus propiedades físicas, de tal manera que el material se adapte de una mejor forma a las características de la obra o las necesidades del constructor.

El aditivo acelerante es aquel que acelera tanto el fraguado como la ganancia de resistencia a temprana edad del concreto.

4.3.5.2. Dosificación de aditivo acelerante

El cloruro de calcio es el aditivo acelerante más común empleado y deberá añadirse en forma de solución como parte del agua de mezcla. Si se añade al concreto en forma seca, puede suceder que no todas las partículas secas se disuelvan durante la mezcla. Los terrones que no se disuelven en la mezcla pueden producir reventones o manchas negras en el concreto endurecido. En forma seca, el cloruro de calcio puede también reducir la eficacia de los aditivos inclusores de aire. La cantidad de cloruro de calcio añadida, en ningún caso deberá exceder del 2% en masa del cemento. Una cantidad mayor creará problemas y puede ser perjudicial para el concreto, que puede hacerse rápidamente inmanejable, aumentar su contracción al secarse y corroer el refuerzo.

El uso de cloruros de calcio o de aditivos que contengan cloruros solubles no se recomienda bajo ciertas condiciones:

- En el concreto pre-esforzado debido a los posibles riesgos de corrosión.
- En concreto donde está sumergido (ahogado) el aluminio, por ejemplo, tubo Conduit, porque puede producirse una fuerte corrosión del aluminio, especialmente si este está en contacto con acero incrustado y si el concreto está en un ambiente húmedo.
- Cuando el acero galvanizado va a quedar en contacto permanente con el concreto.
- En concreto sometido a reacciones entre álcalis y agregados o expuestos a suelos o agua que contenga sulfatos.

4.4. Resultados estadísticos (STATGRAPHICS)

4.4.1. Efectos estimados para ESPESOR (m)

Tabla 17 Efectos estimados para ESPESOR (m)

Efecto	Estimado	Error Estd.	V.I.F.
promedio	0.330029	0.0187744	
A: ANCHO	-0.038209	0.0144116	1.0
B: LONGITUD	-0.0117157	0.0144116	1.0
C:CBR	0.00352761	0.0144117	1.0
AA	-0.000141233	0.0174977	1.33235
AB	-0.01	0.0188296	1.0
AC	-0.015	0.0188296	1.0
BB	0.0140008	0.0174977	1.33235
BC	0.015	0.0188296	1.0
CC	-0.00367696	0.0174986	1.33234

Errores estándar basados en el error total con 6 g.l.

Esta tabla muestra las estimaciones para cada uno de los efectos estimados y las interacciones. También se muestra el error estándar de cada uno de estos efectos, el cual mide su error de muestreo. Note también que el factor de inflación de varianza (V.I.F.) más grande, es igual a 1.33235. Para un diseño perfectamente ortogonal, todos los factores serían igual a 1. Factores de 10 o más normalmente se interpretan como indicativos de confusión seria entre los efectos.

Para graficar los estimados en orden decreciente de importancia, seleccione Diagrama de Pareto de la lista de Opciones Gráficas. Para probar la significancia estadística de los efectos, seleccione Tabla ANOVA de la lista de Opciones Tabulares. Puede retirar efectos significativos pulsando el botón secundario del ratón, seleccionando Opciones de Análisis, y pulsando el botón de Excluir.

Diagrama de Pareto Estandarizada para ESPESOR

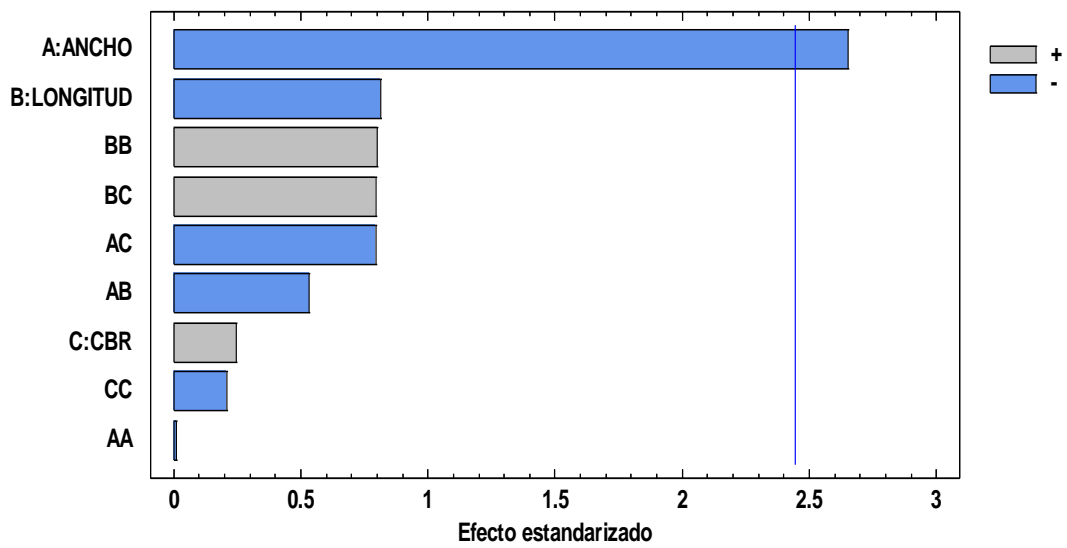


Figura 10 Diagrama de Pareto Estandarizada para ESPESOR

4.4.2. Análisis de Varianza para ESPESOR

Tabla 18 Análisis de varianza para ESPESOR

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: ANCHO	0.00498451	1	0.00498451	7.03	0.0380
B: LONGITUD	0.000468627	1	0.000468627	0.66	0.4473
C:CBR	0.0000424856	1	0.0000424856	0.06	0.8148
AA	4.61986E-8	1	4.61986E-8	0.00	0.9938
AB	0.0002	1	0.0002	0.28	0.6144
AC	0.00045	1	0.00045	0.63	0.4560
BB	0.000454003	1	0.000454003	0.64	0.4541
BC	0.00045	1	0.00045	0.63	0.4560
CC	0.0000313104	1	0.0000313104	0.04	0.8405
Error total	0.00425467	6	0.000709111		
Total (corr.)	0.0115938	15			

R-cuadrada = 63.3021 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 8.25514 porciento

Error estándar del est. = 0.0266291

Error absoluto medio = 0.0134523

Estadístico Durbin-Watson = 2.73504 (P=0.9088)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.474846

La tabla ANOVA particiona la variabilidad de ESPESOR en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 1 efectos tienen una valor-P menor que 0.05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95.0%.

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 63.3021% de la variabilidad en ESPESOR. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 8.25514%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0.0266291. El error medio absoluto (MAE) de 0.0134523 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo. Puesto que el valor-P es mayor que 5.0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5.0%.

Gráfica de Efectos Principales para ESPESOR

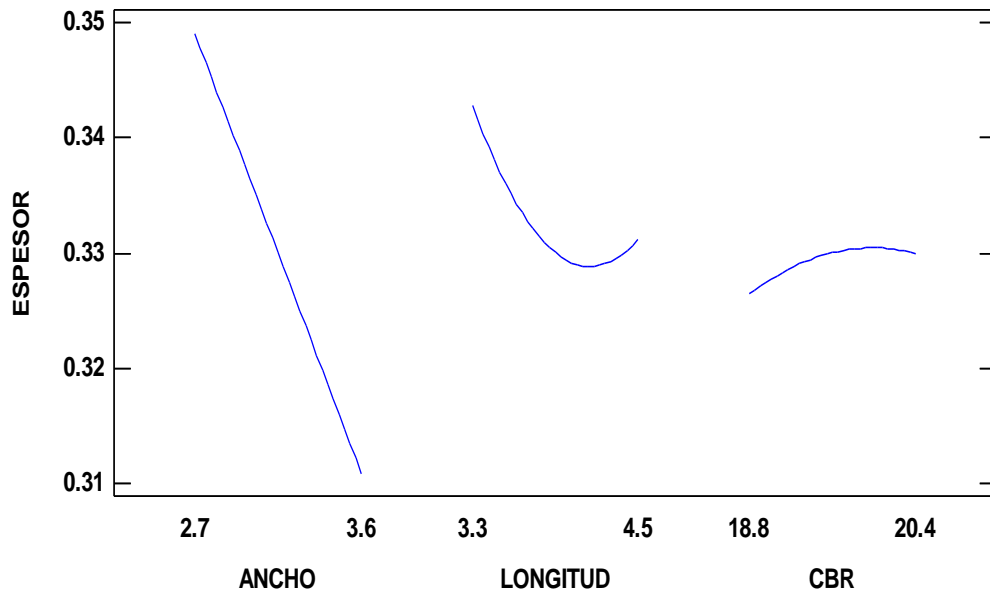


Figura 11 Gráfica de Efectos Principales para ESPESOR

4.4.3. Coeficiente de regresión para ESPESOR

Tabla 19 Coeficiente de regresión para ESPESOR

Coeficiente	Estimado
constante	-0.671994
A: ANCHO	0.440298
B: LONGITUD	-0.409355
C:CBR	0.119499
AA	-
	0.000348724
AB	-0.0185185
AC	-0.0208333
BB	0.0194455
BC	0.015625
CC	-0.00287263

Esta ventana despliega la ecuación de regresión que se ha ajustado a los datos. La ecuación del modelo ajustado es

$$\begin{aligned}
 \text{ESPESOR} = & -0.671994 + 0.440298 \cdot \text{ANCHO} - 0.409355 \cdot \text{LONGITUD} \\
 & + 0.119499 \cdot \text{CBR} - 0.000348724 \cdot \text{ANCHO}^2 - \\
 & 0.0185185 \cdot \text{ANCHO} \cdot \text{LONGITUD} - 0.0208333 \cdot \text{ANCHO} \cdot \text{CBR} + \\
 & 0.0194455 \cdot \text{LONGITUD}^2 + 0.015625 \cdot \text{LONGITUD} \cdot \text{CBR} - \\
 & 0.00287263 \cdot \text{CBR}^2
 \end{aligned}$$

En donde los valores de las variables están especificados en sus unidades originales. Para hacer que STATGRAPHICS evalúe esta función, seleccione Predicciones de la lista de Opciones Tabulares. Para graficar la función, seleccione Gráficas de Respuesta de la lista de Opciones Gráficas.

Gráfica de Interacción para ESPESOR

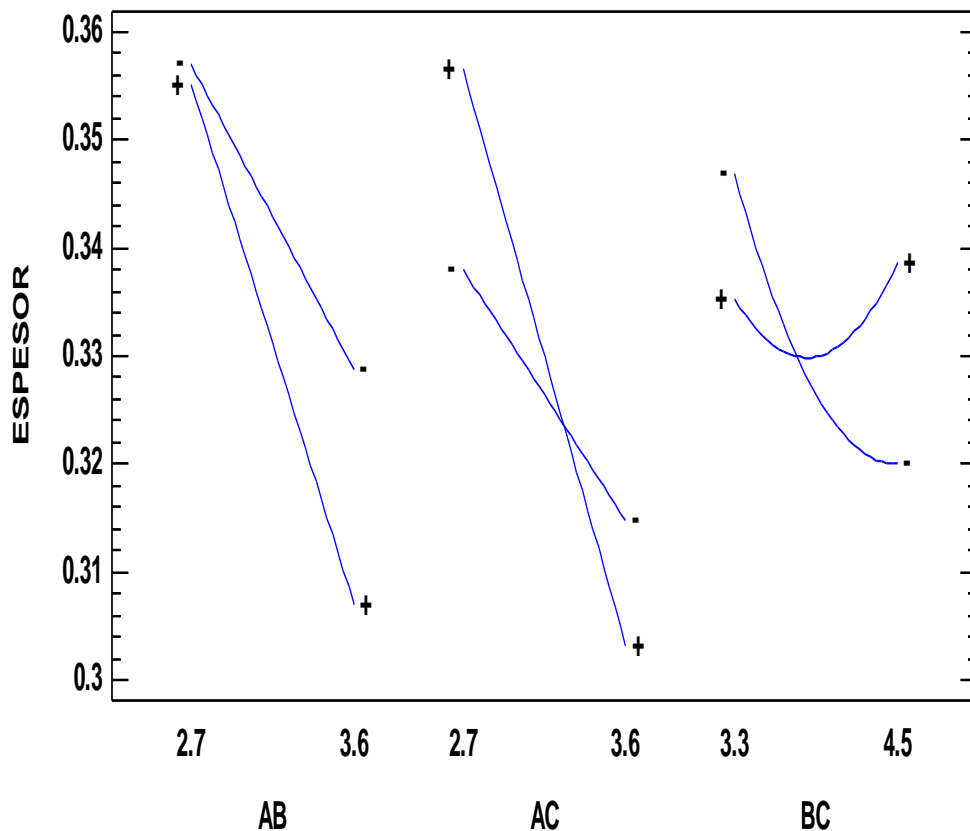


Figura 12 Gráfica de Interacción para ESPESOR

4.4.4. Matriz de Correlación para los Efectos Estimados

Tabla 20 Matriz de correlación para los efectos estimados

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
(1) promedio	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.7327	0.0000	0.0000
(2) A:ANCHO	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
(3) B:LONGITUD	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
(4) C:CBR	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
(5) AA	-0.7327	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
(6) AB	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
(7) AC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
(8) BB	-0.7327	0.0000	0.0000	0.0000	0.4210	0.0000	0.0000
(9) BC	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
(10) CC	-0.7327	0.0000	0.0000	0.0000	0.4210	0.0000	0.0000

Tabla 21 Matriz de correlación para los efectos estimados

	(8)	(9)	(10)
(1)	-0.7327	0.0000	-0.7327
(2)	0.0000	0.0000	0.0000
(3)	0.0000	0.0000	0.0000
(4)	0.0000	0.0000	0.0000
(5)	0.4210	0.0000	0.4210
(6)	0.0000	0.0000	0.0000
(7)	0.0000	0.0000	0.0000
(8)	1.0000	0.0000	0.4210
(9)	0.0000	1.0000	0.0000
(10)	0.4210	0.0000	1.0000

La matriz de correlación muestra el grado de confusión entre los efectos. Un diseño perfectamente ortogonal mostrará una matriz diagonal con 1's en la diagonal y 0's fuera de ella. Cualquier término distinto de cero implica que los estimados de

los efectos correspondientes a esa fila y columna estarán correlacionados. En este caso, hay 3 pares de efectos con interacción distinta de cero. No obstante, como ninguna es mayor o igual que 0.5, probablemente será capaz de interpretar los resultados sin mucha dificultad.

Gráfica de Probabilidad Normal para ESPESOR

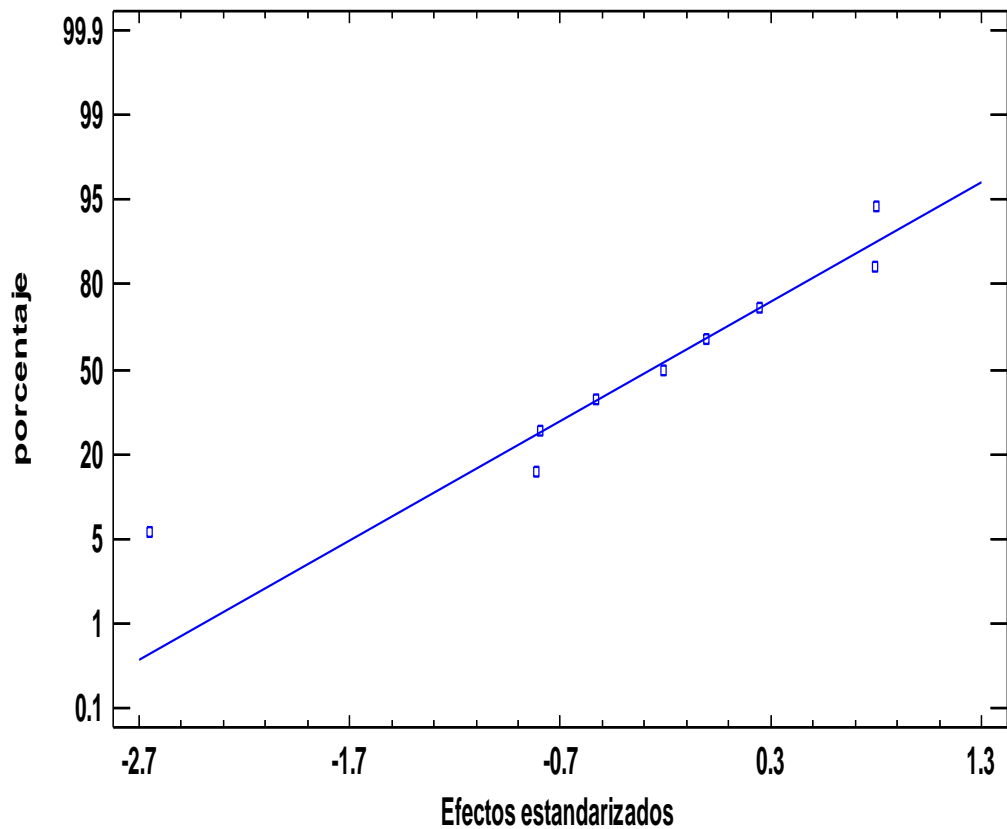


Figura 13 Gráfica de Probabilidad normal para ESPESOR

4.4.5. Resultados Estimados para ESPESOR

Tabla 22 Resultados estimados para ESPESOR

	Observados	Ajustados	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Fila	Valores	Valores	para Media	para Media
1	0.3	0.303394	0.250061	0.356728
2	0.35	0.339978	0.289183	0.390773
3	0.36	0.356847	0.303513	0.41018
4	0.3	0.2977	0.246905	0.348494
5	0.35	0.359681	0.308886	0.410476
6	0.36	0.34011	0.286776	0.393444
7	0.3	0.306922	0.253588	0.360256
8	0.35	0.327796	0.277002	0.37859
9	0.36	0.353319	0.299985	0.406653
10	0.3	0.321863	0.271069	0.372657
11	0.35	0.336603	0.28327	0.389937
12	0.36	0.361959	0.311165	0.412754
13	0.3	0.313638	0.260304	0.366972
14	0.35	0.370131	0.316797	0.423465
15	0.36	0.330029	0.28409	0.375969
16	0.3	0.330029	0.28409	0.375969

Esta tabla contiene información acerca de los valores de ESPESOR generados usando el modelo ajustado. La tabla incluye:

- (1) los valores observados de ESPESOR (si alguno)
- (2) el valor predicho de ESPESOR usando el modelo ajustado
- (3) intervalos de confianza del 95.0% para la respuesta media

Cada ítem corresponde a los valores de los factores experimentales en una fila específica de su archivo de datos. Para generar pronósticos para las combinaciones adiciones de los factores, agregue filas al final su archivo de datos.

En cada nueva fila, introduzca valores para los factores experimentales, pero deje vacía la celda para la respuesta. Cuando regrese a esta ventana, se habrán agregado pronósticos a la tabla para las nuevas filas, pero el modelo no se verá afectado.

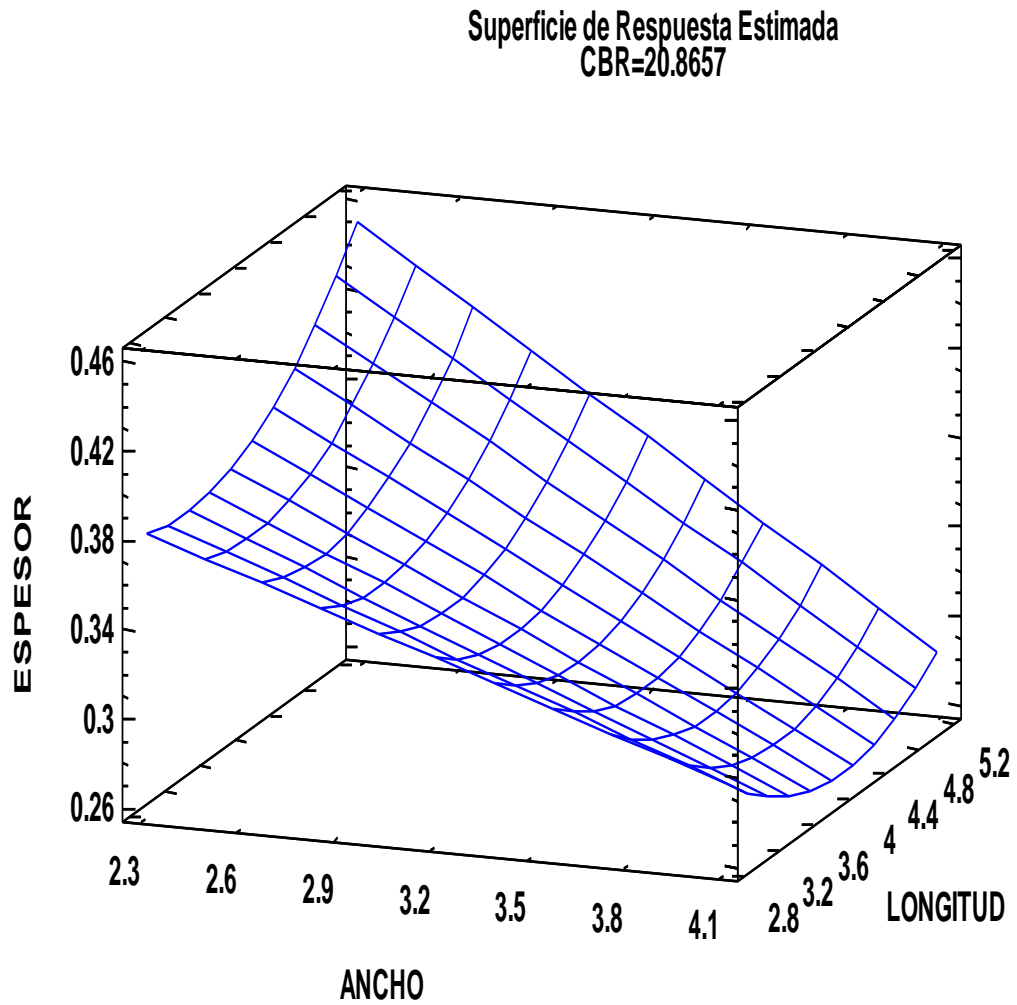


Figura 14 Superficie de Respuesta Estimada CBR=208657

4.4.6. Camino de Máximo Ascenso para ESPESOR

Tabla 23 Camina de máximo ascenso para ESPESOR

			Predicción para
ANCHO	LONGITUD	CBR	ESPESOR
(m)	(m)	(%)	(m)
3.15	3.9	19.6	0.330029
4.15	4.26496	19.9443	0.274704
5.15	4.41627	21.1317	0.169921
6.15	4.40214	22.821	-0.0271094
7.15	4.29347	24.7881	-0.341668
8.15	4.12855	26.9191	-0.78735

Esta ventana despliega el trayecto de máximo ascenso (o descenso). Este es el trayecto, desde el centro de la región experimental actual, a través del cual la respuesta estimada cambia más rápidamente con un cambio menor en los factores experimentales. Indica buenas características para ejecutar experimentos adicionales si el objetivo es incrementar o decrementar ESPESOR. Actualmente, 6 puntos se han generado cambiando ANCHO en incrementos de 1.0 m. Puede especificarse la cantidad de cambio en cualquiera de los factores presionando el botón secundario del ratón y seleccionando Opciones de Ventana. STATGRAPHICS determinará entonces cuanto tendrán que cambiar los otros factores para mantenerse en el trayecto del máximo ascenso. El programa también calcula la ESPESOR estimada en cada uno de los puntos del trayecto, con los cuales pueden compararse los resultados si es que se corren esos ensayos.

Contornos de la Superficie de Respuesta Estimada
 CBR=20.8657

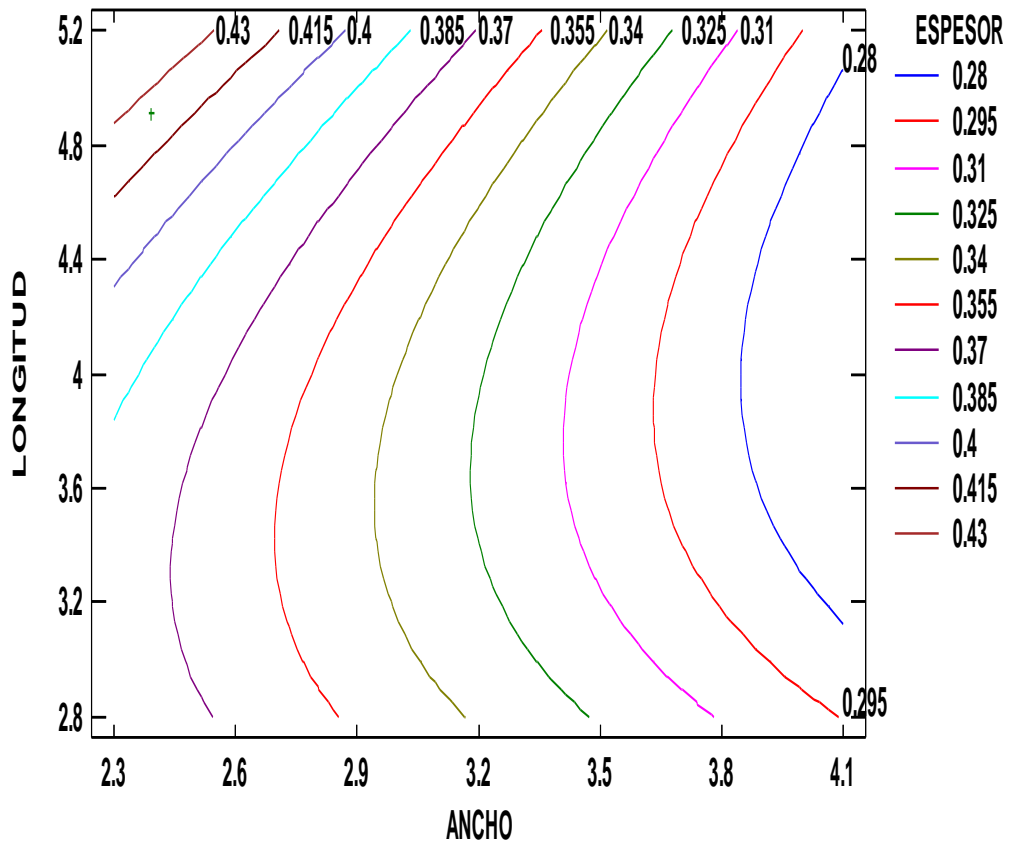


Figura 15 Contornos de la Superficie de Respuestas Estimada CBR=208657

4.4.7. Optimizar Respuesta

Meta: maximizar ESPESOR

Valor óptimo = 0.416949

Tabla 24 Optimizar Respuesta

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
ANCHO	2.39319	3.90681	2.39319
LONGITUD	2.89092	4.90908	4.90908
CBR	18.2546	20.9454	20.6012

Esta tabla muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza ESPESOR sobre la región indicada. Use el cuadro de diálogo de Opciones de Ventana para indicar la región sobre la cual se llevará a cabo la optimización. Puede establecer el valor de uno o más factores a una constante, estableciendo los límites alto y bajo en ese valor.

Gráfica de Residuos para ESPESOR

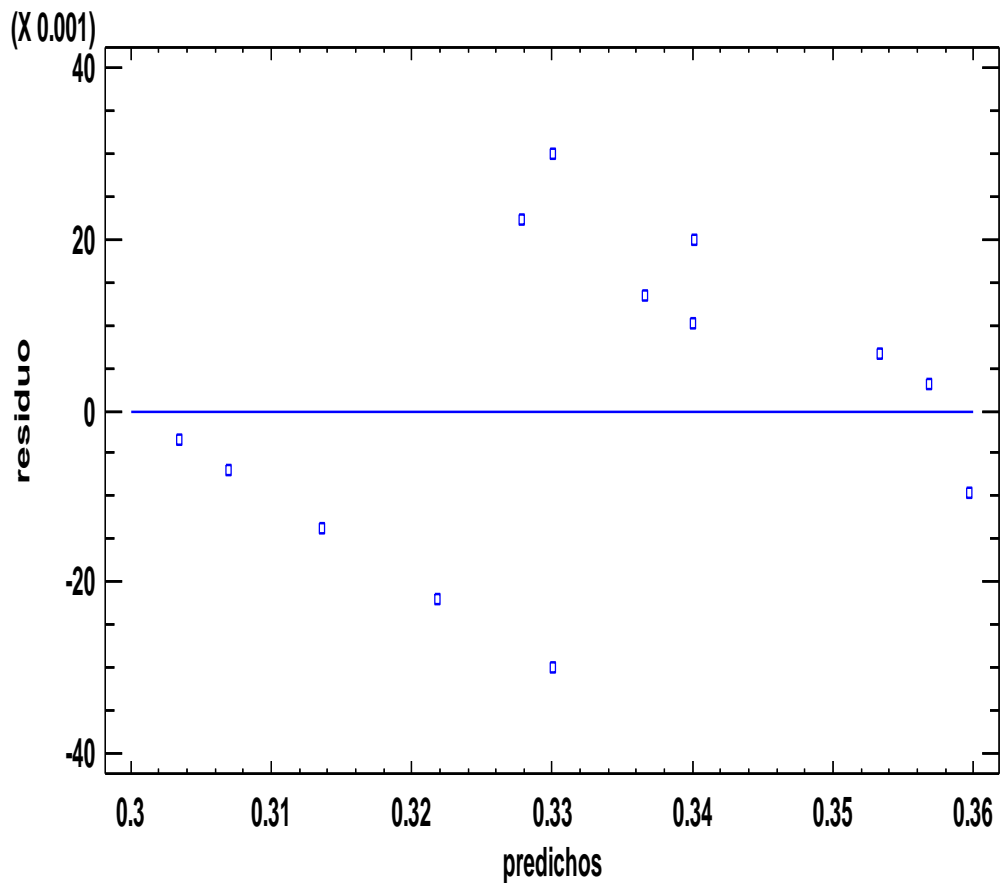


Figura 16 Gráfica de Residuos para ESPESOR

V. DISCUSIÓN

5.1. Discusión de la evaluación del Pavimento con el Método del PCI

Las fallas encontradas en la evaluación son las siguientes:

- Piel de cocodrilo
- Falla por bache
- Fisuras longitudinales
- Fisuras Transversales
- Desgastes y desprendimiento

Considera como lo indica Vásquez (2002) lo que permite la validación de estos resultados.

5.2. Discusión de los estudios de suelo

El estudio de suelos nos da los siguientes datos:

- Tipo de material es suelto contaminado, heterogéneo, con presencias de raíces.
- El espesor de capa de cobertura está comprendido entre 0.10 m y 0.30 m.

Considera como lo indica Qualis ingenieros consultores S.A.C. lo que permite la validación de estos resultados.

5.3. Discusión del pavimento rígido y aditivos acelerantes

El diseño final del pavimento es:

- Subbase = 0.15 m.
- Concreto = 0.15 m.
- Ancho típico de carril = 3.60 m.
- Longitud de carril = 4.50 m.

- Diámetros y longitudes en Pasadores = Diámetro será de 1" y longitud de 410 mm
- Diámetros y longitudes en Amarres = Diámetro será de 1/2" y longitud de 410 mm

Considera como lo indica Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos – sección: Suelos y pavimentos lo que permite la validación de estos resultados.

VI. CONCLUSIONES

Las siguientes conclusiones están referidas a la Avenida Dominicos en el distrito de San Martín de Porres de Lima

El estado de las condiciones del pavimento de los 10 tramos evaluados de la avenida dominicos es de “Malo” a “Muy Malo” según la tabla N°3, Actualmente la avenida dominicos no está apta para la circulación vehicular ni peatonal.

Las condiciones del índice de serviciabilidad más resaltante en los 10 tramos estudiados es de “25 – 39” la cual es “Mala” según la tabla N°3”, los demás índices se encuentran en menos porcentaje.

Las fallas encontradas en los tramos evaluados son: piel de cocodrilo, agrietamiento longitudinal y transversal, baches y desgastes y desprendimientos.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda aplicar el método del PCI a las avenidas cercanas a la avenida dominicos como las siguientes: Avenida Canta Callao, Avenida José Grande y Avenida Eduardo de Habich ya que estas también son de pavimento flexible y es muy probable encontrar muchas fallas.

Se recomienda cambiar el pavimento flexible dañado en la avenida dominicos por un pavimento rígido el cual tiene menos gastos de mantenimientos y también más años de vida útil, el cual mejorara el índice de serviciabilidad.

Se recomienda hacer un diseño geométrico y un estudio de tránsito para conocer la carga vehicular que transita por la avenida dominicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- Armijos Salinas Christian Rolando (2009), *“EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE ALGUNAS CALLES DE LA CIUDAD DE LOJA”*, ciudad de Loja, Ecuador.
- Gonzales Chávez Carlos Santiago, 2015, *“FALLAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO SUR.”*, Cajamarca, Perú.
- Herrera Uribe Nader Pamela, 2014, *“ESTUDIO DEL PAVIMENTO DE LAS VÍAS DEL BARRIO SALACALLE, PERTENECIENTE A LA PARROQUIA SAQUISILÍ, CANTÓN SAQUISILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI Y SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD DE VIDA DE LOS HABITANTES”*. Ambato, Ecuador.
- *“METODO AASHTO 93 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS”*, Illinois, Estados Unidos.
- Medina Palacios, Armando; De la Cruz Puma, Marcos, 2015, *“EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. JOSÉ GÁLVEZ DEL DISTRITO DE LINCE APLICANDO EL MÉTODO DEL PCI”*, Lima, Perú.
- Miranda Rebolledo Ricardo Javier, 2010, *“DETERIOROS EN PAVIMENTOS FELXIBLES Y RÍGIDOS.”* Valdivia, Chile.
- Medina Sánchez, Eduardo, 2008, *“CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO EDIFICACIÓN”*, Madrid, España.

- Ministerio de transporte y comunicaciones, 2013, *“MANUAL DE CARRETERAS, SUELOS, GEOLOGIA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS, SECCION SUELOS Y PAVIMENTOS”*, Lima, Perú.
- Montalvo Guevara Marco Eduardo, 2015, *“PAVIMENTOS RÍGIDOS REFORZADOS CON FIBRAS DE ACERO VERSUS PAVIMENTOS TRADICIONALES”*, Lima, Perú.
- Montes De Oca Escandón Iván, Palacios Cruz Julio César, 2013, *“LA IMPORTANCIA DE CUMPLIR LOS NIVELES DE SERVICIO DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA EN MÉXICO.”*, D.F., México.
- Montoya Goicochea Jorge Eduardo, 2007, *“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS CON HERRAMIENTA HDM-4 PARA LA RED VIAL NRO. 5 TRAMO ANCÓN – HUACHO – PATIVILCA.”*, Lima, Perú.
- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, NORMA CE.010, PAVIMENTOS URBANOS, Lima, Perú.
- Rengifo Arakaki kimiko Katherine Hurimi, *“DISEÑO DE LOS PAVIMENTOS DE LA NUEVA CARRETERA PANAMERICANA NORTE EN EL TRAMO DE HUACHO A PATIVILCA (KM 188 A 189),”*, Lima, Perú.
- Rodríguez Velásquez Edgar Daniel, 2009, *“CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LUIS MONTERO, DISTRITO DE CASTILLA”*, Piura, Perú.
- Ruiz Brito César Alejandro, 2011, *“ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE PRODUCEN EL DETERIORO DE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS”*, Sangolquí, Ecuador.

- Tabares González Ricardo y Mba Lozano Eduardo, 2005, *“DIAGNOSTICO DE VÍA EXISTENTE Y DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA NUEVA MEDIANTE PARÁMETROS OBTENIDOS DEL ESTUDIO EN FASE I DE LA VÍA ACCESO AL BARRIO CIUDADELA DEL CAFÉ – VIA LA BADEA.”*, Manizales, Colombia.
- VÁSQUEZ VARELA, 2002, *“PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS”*, Colombia.
- Vidal Asencios David, 2016, *“MEDICIÓN Y COMPARACIÓN DE LA RUGOSIDAD EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE HUÁNUCO: MEDIANTE SMARTPHONE Y UN MÉTODO TRADICIONAL”*, Lima, Perú.

ANEXOS

9.1. Anexo 1 Ensayos de laboratorio



QUALIS INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

NTP 339.128 (99)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA Av DOMINICOS

SOLICITANTE : RONNY ROBERTO SANTA CRUZ GONZALES

UBICACIÓN : Av DOMINICOS TRAMO Av CANTA CALLAO Av. SANTA ROSA

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

PROCEDENCIA : COORDENADAS UTM: 8673330 - N 0270741E

MUESTRA : C-02 / M-01 PROF. (m) : 0.30 - 1.50

REGISTRO : **026/ 2017.Qualis**

TÉCNICO : O.M.P.

FECHA : marzo/2017

GRANULOMETRÍA

SERIE AMERICANA	MALLAS ABERT. (mm)	RETENIDOS			PASA (%)
		PESO (g)	PARCIAL (%)	ACUMUL. (%)	
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.750				
N° 6	3.360				
N° 8	2.380				
N° 10	2.000				100.0
N° 16	1.190	4.3	0.8	0.8	99.2
N° 20	0.840	6.9	1.3	2.1	97.9
N° 30	0.590	14.0	2.7	4.8	95.2
N° 40	0.426	19.9	3.8	8.6	91.4
N° 50	0.297	32.1	6.2	14.8	85.2
N° 60	0.177	53.3	10.2	25.0	75.0
N° 100	0.149	28.1	5.4	30.4	69.6
N° 200	0.074	68.0	13.1	43.5	56.5
- N° 200	-	294.2	56.5	100.0	-

DESCRIPCIÓN DEL SUELO

Limo inorgánico. Con un 43.5% de arena de grano fino; fracción fina pasante la malla N°200 en un 56.5%, ligeramente plástico (LL= 30.4%, IP= 2.9%); poco húmedo a húmedo, semi compacto, color parduzco. Origen aluvial.

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

Limite líquido, % NTP 339.129 (99) : **30.4**

Limite plástico, % NTP 339.129 (99) : **27.5**

Índice plástico, % NTP 339.129 (99) : **2.9**

Clasificación SUCS NTP 339.135 (99) : **ML**

Clasificación AASHTO NTP 339.134 (99) : **A-4 (0)**

Contenido de humedad, % NTP 339.127 (98) : **6.5**

D₁₀ : 0.0740 D₃₀ : 0.0740 D₆₀ : 0.0892 C_u : 1.205 C_c : 0.830

FINOS : 56.5 % ARENA : 43.5 % GRAVA : 0.0 %

OBSERVACIONES:

- Muestreada e identificada por personal técnico de Qualis SAC.

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO

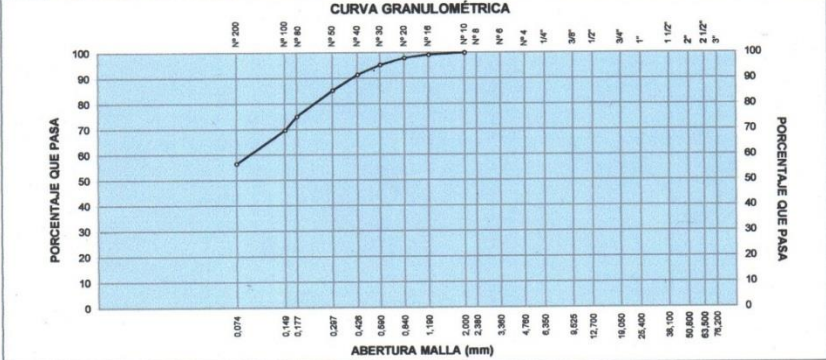
- PESO TOTAL, g 521.0 100.0 %

- PESO GRAVA, g 0.0 0.0 %

- PESO ARENA, g 521.0 100.0 %


- PESO ARENA EMPLEADA, g 521.0

CURVA GRANULOMÉTRICA




Calle Antonio Moreno: Mza. A-1 Lt. 11 Urb. Villasol, cuarta etapa - Los Olivos - Lima Telf.: 381-1357 / 528-8911

Cel.: 997 232 293 / 989 554 565 E-mail: qualissac@yahoo.es



ING. CIVIL
ANGEL PORTILLO JANGE
CIP 63400





ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
NTP 339.128 (99)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA Av DOMINICOS
SOLICITANTE : RONNY ROBERTO SANTA CRUZ GONZALES
UBICACIÓN : Av DOMINICOS TRAMO Av CANTA CALLAO Av. SANTA ROSA
REFERENCIAS DE LA MUESTRA :
PROCEDENCIA : COORDENADAS UTM: 8673475 - N 0270670 - E
MUESTRA : C-01 / M-01 PROF. (m) : 0.00 - 1.50

REGISTRO : 026/ 2017.Qualis
TÉCNICO : O.M.P.
FECHA : marzo/2017

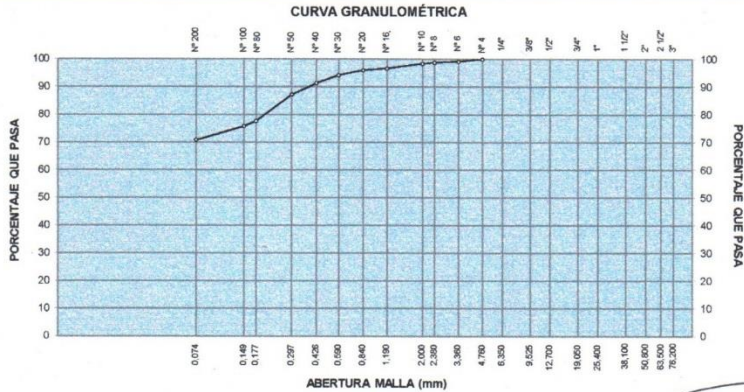
GRANULOMETRÍA					DESCRIPCIÓN DEL SUELO	
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERT. (mm)	RETENIDOS			PASA (%)	
		PESO (g)	PARCIAL (%)	ACUMUL. (%)		
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
N° 4	4.750				100.0	
N° 6	3.360	3.6	0.8	0.8	99.2	
N° 8	2.380	1.8	0.4	1.2	98.8	
N° 10	2.000	2.0	0.4	1.6	98.4	
N° 15	1.190	7.8	1.7	3.3	96.7	
N° 20	0.840	2.6	0.6	3.9	96.1	
N° 30	0.590	8.0	1.8	5.7	94.3	
N° 40	0.426	13.3	2.9	8.6	91.4	
N° 50	0.297	18.5	4.1	12.7	87.3	
N° 60	0.177	42.8	9.5	22.2	77.8	
N° 100	0.149	9.2	2.0	24.2	75.8	
N° 200	0.074	22.6	5.0	29.2	70.8	
- N° 200	-	319.5	70.8	100.0	-	

DESCRIPCIÓN DEL SUELO				
Limo inorgánico. 29.2% de arena de grano fino; fracción fina pasante la malla N°200 en un 70.8%; medianamente plástico (LL= 29.0%, IP= 6.0%); poco húmedo a húmedo.				
D ₁₀ : 0.074	D ₃₀ : 0.074	D ₆₀ : 0.016	C _u : 0.221	C _c : 4.535

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO		
Limite líquido, %	NTP 339.129 (99) :	29.0
Limite plástico, %	NTP 339.129 (99) :	23.0
Índice plástico, %	NTP 339.129 (99) :	6.0
Clasificación SUCS	NTP 339.135 (99) :	ML
Clasificación AASHTO	NTP 339.134 (99) :	A-4 (3)
Contenido de humedad, %	NTP 339.127 (98) :	5.5

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO		
- PESO TOTAL, g	451.0	100.0 %
- PESO GRAVA, g	0.0	0.0 %
- PESO ARENA, g	451.0	100.0 %
- PESO DE ARENA EMPLEADA, g	451.0	

OBSERVACIONES:
- Muestrada e identificada por personal técnico.



Referencia: ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates



Calle Antonio Moreno: Mza. A-1 Lt. 11 Urb. Villasol, cuarta etapa - Los Olivos - Lima Telf.: 381-1357 / 528-8911
Cel.: 997 232 293 / 989 554 565 E-mail: qualissac@yahoo.es

EXPEDIENTES TÉCNICOS ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE LABORATORIO, PARA OBRAS VIALES Y EDIFICACIONES



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
NTP 339.128 (99)

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LA Av DOMINICOS

SOLICITANTE : RONNY ROBERTO SANTA CRUZ GONZALES
UBICACIÓN : Av DOMINICOS TRAMO Av CANTA CALLAO Av. SANTA ROSA

REFERENCIAS DE LA MUESTRA
PROCEDENCIA : COORDENADAS UTM: 8673222 - N 0270780 - E
MUESTRA : C-03 / M-01 PROF. (m) : 0.00 - 1.50

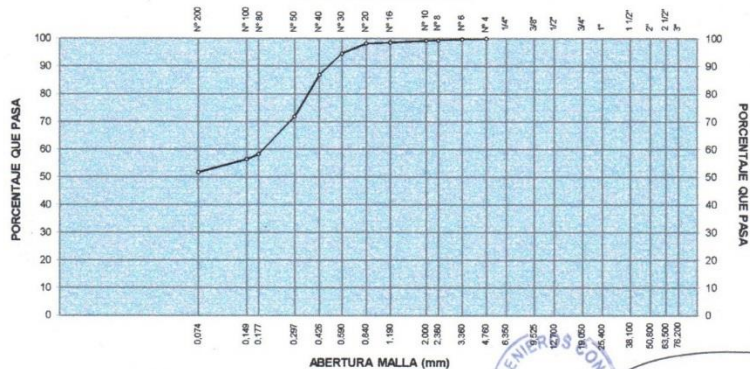
REGISTRO : 026/ 2017.Qualis
TÉCNICO : O.M.P.
FECHA : marzo/2017

GRANULOMETRÍA					DESCRIPCIÓN DEL SUELO	
SERIE AMERICANA	ABERT. (mm)	RETENIDOS			PASA (%)	
		PESO (g)	PARCIAL (%)	ACUMUL. (%)		
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
N° 4	4.760				100.0	
N° 6	3.360	1.6	0.2	0.2	99.8	
N° 8	2.380	2.2	0.3	0.5	99.5	
N° 10	2.000	1.6	0.2	0.7	99.3	
N° 16	1.190	4.3	0.7	1.4	98.6	
N° 20	0.840	2.8	0.4	1.8	98.2	
N° 30	0.590	22.6	3.5	5.3	94.7	
N° 40	0.426	50.6	7.7	13.0	87.0	
N° 50	0.297	98.7	15.1	28.1	71.9	
N° 80	0.177	88.9	13.6	41.7	58.3	
N° 100	0.149	12.6	1.9	43.6	56.4	
N° 200	0.074	30.5	4.7	48.3	51.7	
- N° 200	-	338.6	51.7	100.0	-	

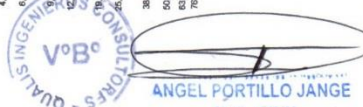
CARACTERIZACIÓN DEL SUELO			
Limite líquido, %	NTP 339.129 (99) :		30.0
Limite plástico, %	NTP 339.129 (99) :		26.0
Índice plástico, %	NTP 339.129 (99) :		4.0
Clasificación SUCS	NTP 339.135 (99) :		ML
Clasificación AASHTO	NTP 339.134 (99) :		A-4 (0)
Contenido de humedad, %	NTP 339.127 (98) :		5.6

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO		
- PESO TOTAL, g	655.0	100.0 %
- PESO GRAVA, g	0.0	0.0 %
- PESO ARENA, g	655.0	100.0 %
- PESO DE ARENA EMPLEADA, g	655.0	

CURVA GRANULOMÉTRICA



Referencia: ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates



EXPEDIENTES TÉCNICOS ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE LABORATORIO, PARA OBRAS VIALES Y EDIFICACIONES



QUALIS INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.

ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO USANDO ENERGIA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m²)

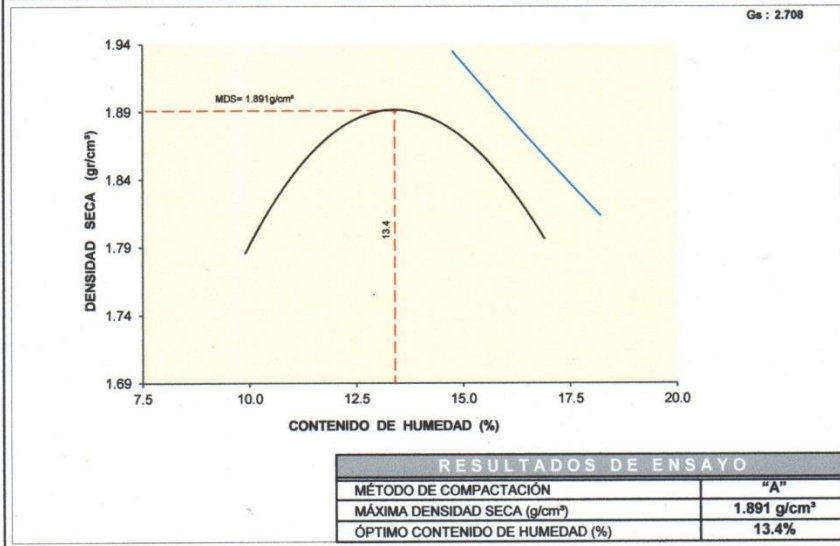
PROYECTO MEJORAMIENTO DE LA Av DOMINICOS

SOLICITADO RONNY ROBERTO SANTA CRUZ GONZALES
 UBICACION Av DOMINICOS TRAMO Av SANTA CALLAO Av. SANTA ROSA
 PROCEDENCIA : COORDENADAS UTM: 8673330 - N 0270741E

TÉCNICO : J.M.P.
 FECHA : marzo-2017
 : C-02 / M-01 PROFUNDIDAD (m) : 0.30 - 1.50

EXPEDIENTES TECNICOS ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE LABORATORIO, PARA OBRAS VIALES Y EDIFICACIONES

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3778.0	3876.0	3923.0	3902.0
02 - Peso del Molde (g)	1894.0	1894.0	1894.0	1894.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1884.0	1982.0	2029.0	2008.0
04 - Volumen del Molde (cm ³)	942.0	942.0	942.0	942.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	2.000	2.104	2.154	2.132
06 - Tarro N°	11	16	P5	T6
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	523.8	510.1	499.0	475.2
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	492.5	476.6	462.3	443.4
09 - Peso del agua (g)	31.3	33.5	36.7	31.8
10 - Peso del tarro (g)	192.1	153.5	158.6	181.7
11 - Peso suelo seco (g)	300.4	323.1	303.7	261.7
12 - Contenido de Humedad (%)	10.42	10.37	12.08	12.15
13 - Promedio de Humedad (%)	10.4	12.1	14.0	16.2
14 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	1.812	1.877	1.889	1.835



OBSERVACIONES :

ANGEL PORTILLO JANGE
 ING. CIVIL
 CIP 63406

Calle Antonio Moreno: Mza. A-1 Lt. 11 Urb. Villasol, cuarta etapa - Los Olivos - Lima Telf.: 381-1357 / 528-8911
 Cel.: 997 232 293 / 989 554 565 E-mail: qualissac@yahoo.es



QUALIS INGENIEROS CONSULTORES S.A.C.

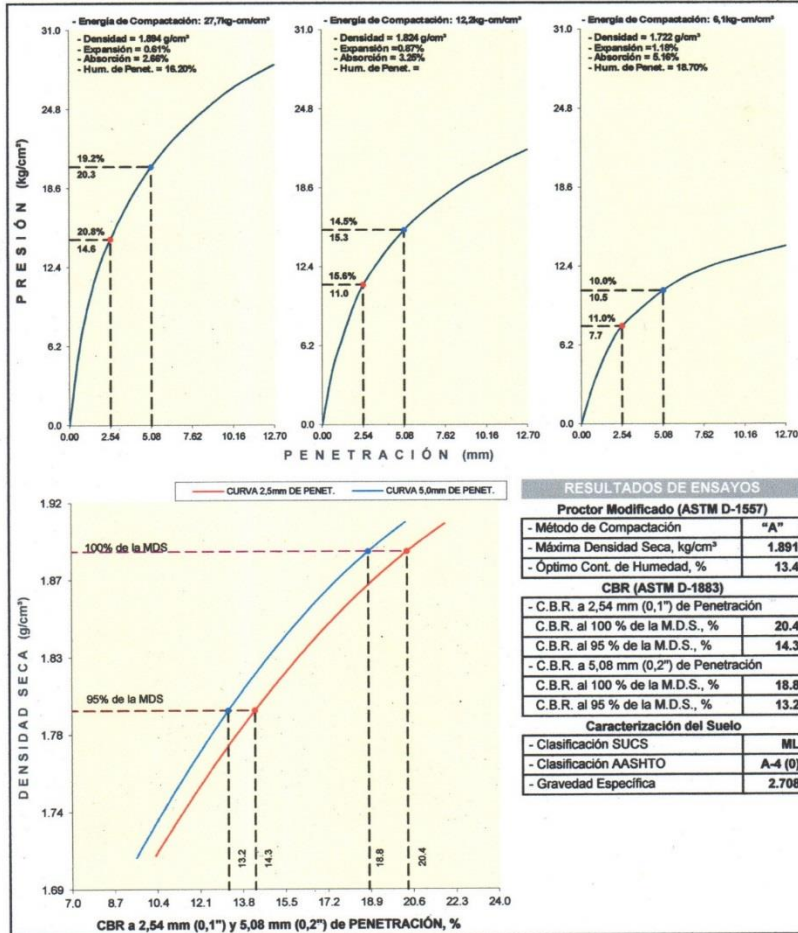
ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

PROYECTO MEJORAMIENTO DE LA Av DOMINICOS

SOLICITADO RONNY ROBERTO SANTA CRUZ GONZALES
 UBICACIÓN Av DOMINICOS TRAMO Av CANTA CALLAO Av. SANTA ROSA
 PROCEDENCIA : COORDENADAS UTM: 8673330 - N 0270741E : C-02 / M-01 PROFUNDIDAD (m) : 0.30 - 1.50

TÉCNICO : J.M.P.
 FECHA : marzo-2017

EXPEDIENTES TECNICOS ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE LABORATORIO, PARA OBRAS VIALES Y EDIFICACIONES



Observaciones:



Calle Antonio Moreno: Mza. A-1 Lt. 11 Urb. Villasol, cuarta etapa - Los Olivos - Lima Telf.: 381-1357 / 628-8819
 Cel.: 997 232 293 / 989 554 565 E-mail: qualissac@yahoo.es



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DRH
LABORATORIO DE AGUA, SUELO, MEDIO AMBIENTE Y FERTIRRIEGO
 Av. La Molina s/n. Telefax: 6147800 Anexo 226 Lima. E-mail: las-fia@lamolina.edu.pe



Nº 034389

ANÁLISIS DE SUELO - SALES

SOLICITANTE : Q. & Q. CONSTRUCCION EIRL
PROYECTO : Mejoramiento I.S. de la Av. Dominicos
PROCEDENCIA : Av. Dominicos tramo Av. Canta Callao - Av. Santa Rosa 18L-0270670 -UTM 8673475
RESP. ANALISIS : Ing. Nelson Guerrero Pardo
FECHA DE ANALISIS : La Molina, 17 de marzo del 2017

N° Lab.	N° Campo	SST (ppm)
34389	C-01 Prof. 0.30 - 1.00 m.	17520.00

Métodos

Sales Solubles Totales: Determ. de Sales Solubles en suelos y agua subterránea - NTP339.152 - 2002



LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA Y SUELO
 Ing. Wladimir Guerrero Pardo
 Ing. Wladimir Guerrero Pardo
 DIRECTOR DEL LABORATORIO

SALES, AGUA Y SUELO PARA CONSTRUCCIÓN

CUADRO COMPARATIVO DE CONTENIDO DE SULFATOS Y SU GRADO DE AGRESIVIDAD AL CONCRETO SEGUN DIFERENTES NORMAS Y REGLAMENTOS (Valores expresados en ppm)					
Grado de Ataque	ACI - 201. 2R. 77		BRS DIGEST (SEGUNDA SERIE) 90 (Inglés)	DIN 4030 (Alemana)	R.N.C. (Peruano)
	Sulfatos en el Suelo (1)	Sulfatos en el Agua	Sulfatos en el Suelo	Sulfatos en el Agua	Sulfatos (3)
Leve	0 - 1,000	0 - 150	< 2,400	< 360	0 - 600
Moderado	1,000 - 2,000	150 - 1,500	2,400 - 6,000	360 - 1,440	600 - 3,000
Severo	2,000 - 20,000	1,500 - 10,000	6,000 - 24,000	1,440 - 6,000	> 3,000
Muy Severo	> 20,000	> 10,000	> 24,000	> 6,000	--

Los valores máximos tolerables recomendados en nuestro medio, en comparación con los del agua potable, expresados en partes por millón (ppm):

Sustancia	Referencias	MTC	RIVVA 5 *	Agua Potable
Cloruros		300	300	250
Sulfatos		300	50	50
Sales Solubles Totales		1 500	300	300
Sales en Magnesio		--	125	125
Sólidos en Suspensión		1000	10	10
pH		4 de 7	de 8	10.5
Materia Orgánica expresada en Oxígeno		16	0.001	0.001

* Para concretos que han de estar expuestos a ataques por sulfatos

9.2. Anexo 2 Perfiles Estratigráficos

PERFIL ESTRATIGRAFICO			C-1	
PROYECTO:	MEJORAMIENTO I. S. DE LA Av. DOMINICOS - CALLAO		FECHA:	15/03/2017
PROPIETARIO	ING RONNY		COORDENADAS:	18L-0270670
LUGAR	Av.DOMINICOS TRAMO CANTA CALLAO - Av. SANTA ROSA.			UTM-8673475
PROFUNDIDAD:	1.50 m.			
PROFUNDIDAD (m)	PERFIL DEL SUB-SUELO		CLAS	NIVEL AGUA (m)
	SÍMBOLO	DESCRIPCION LITO-ESTRATIGRÁFICA		
0.10	[Simbolo de relleno limoso arenoso]	0.00 - 0.20m	ML	
0.20		relleno de limosa arenosa, contaminado compacto.		
0.30	[Simbolo de arena limosa]	0.20 - 1.50m		
0.40		arena limoso, con presencia de Gravillas compacto , ligeramente humedo		
0.50		colo marron claro.		
0.60				
0.70				
0.80				
0.90				
1.00				
1.10				
1.20				
1.30				
1.40				
1.50				
2.00			NO	
		ANEXO N° 1		



Los resultados de las calicatas fueron que a 0.20m de profundidad se encontró relleno limoso para luego continuar hasta 1.50m de profundidad con suelo arenoso con presencia de gravillas compactadas.

PERFIL ESTRATIGRAFICO

C-2

PROYECTO: MEJORAMIENTO I.S. DE LA Av. DOMINICOS - CALLAO
 PROPIETARIO: ING RONNY
 LUGAR: Av.DOMINICOS TRAMO SANTA CALLAO - Av. SANTA ROSA.
 PROFUNDIDAD: 1.50 m.

FECHA: 15/03/2017
 COORDENADAS: 18L-0270741
 UTM-8673330

PROFUNDIDAD (m)	PERFIL DEL SUB-SUELO		CLAS	NIVEL AGUA (m)
	SÍMBOLO	DESCRIPCION LITO-ESTRATIGRÁFICA		
0.10		0.00 - 0.20m	ML	
0.20		relleno de limo arenosa, suelto contaminado.		
0.30		0.20 - 1.50m		
0.40		arena limoso, compacto , ligeramente humedo		
0.50		colo marron amarillento.		
0.60				
0.70				
0.80				
0.90				
1.00				
1.10				
1.20				
1.30				
1.40				
1.50				
2.00				NO
		ANEXO Nº 1		


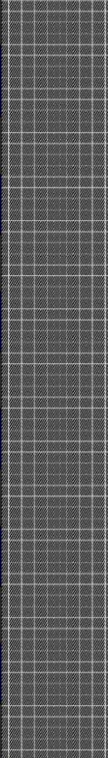
Los resultados de las calicatas fueron que a 0.20m de profundidad se encontró relleno limoso para luego continuar hasta 1.50m de profundidad con suelo arenoso con presencia de gravillas compactadas con poca humedad.

PERFIL ESTRATIGRAFICO

C-3

PROYECTO: MEJORAMIENTO I.S. DE LA Av. DOMINICOS - CALLAO
 PROPIETARIO: ING RONNY
 LUGAR: Av.DOMINICOS TRAMO CANTA CALLAO - Av. SANTA ROSA.
 PROFUNDIDAD: 1.50 m.

FECHA: 15/03/2017
 COORDENADAS: 18L-0270780
 UTM-8673222

PROFUNDIDAD (m)	PERFIL DEL SUB-SUELO		CLAS	NIVEL AGUA (m)
	SÍMBOLO	DESCRIPCION LITO-ESTRATIGRÁFICA		
0.10		0.00 - 0.20m	ML	
0.20		relleno de limo arenosa, suelto contaminado.		
0.30		0.20 - 1.50m		
0.40		limo arenoso, con presencia de Gravillas aisladas compacto, ligeramente humedo		
0.50		colo marron claro.		
0.60				
0.70				
0.80				
0.90				
1.00				
1.10				
1.20				
1.30				
1.40				
1.50				
2.00			NO	
		ANEXO Nº 1		

Los resultados de las calicatas fueron que a 0.20m de profundidad se encontró relleno limoso para luego continuar hasta 1.50m de profundidad con suelo arenoso con presencia de gravillas compactadas con poca humedad.

9.3. Anexo 3 Tablas Deducir PCI para pavimento rígido.

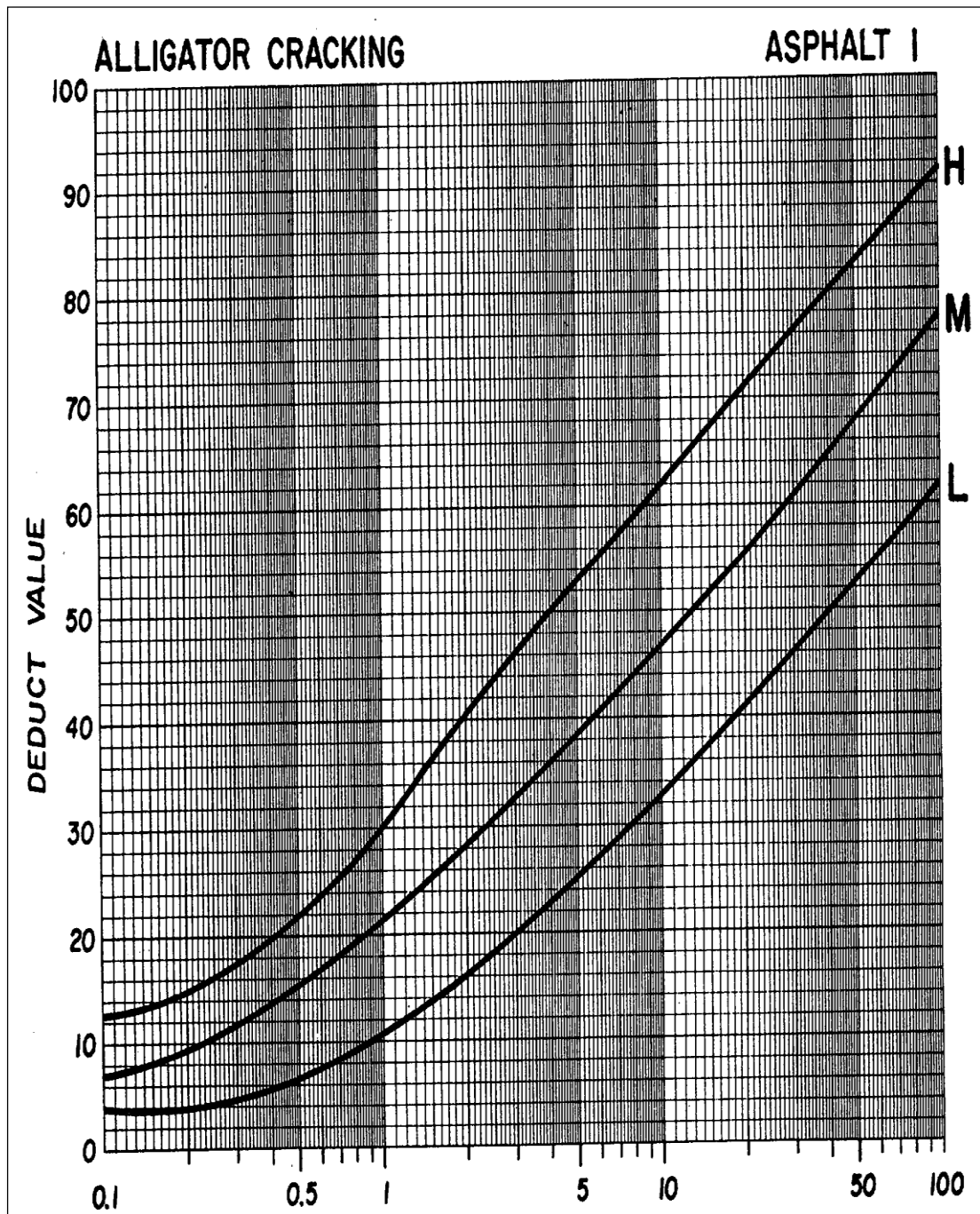


Gráfico 1 Piel de cocodrilo

Se observan 3 vectores los cuales son: Low (baja), Medium (medio) y High (alto), se escogerá un nivel dependiendo de la gravedad del daño que se observe en el pavimento para luego proyectarlo según su porcentaje de densidad y así obtener los valores deducidos.

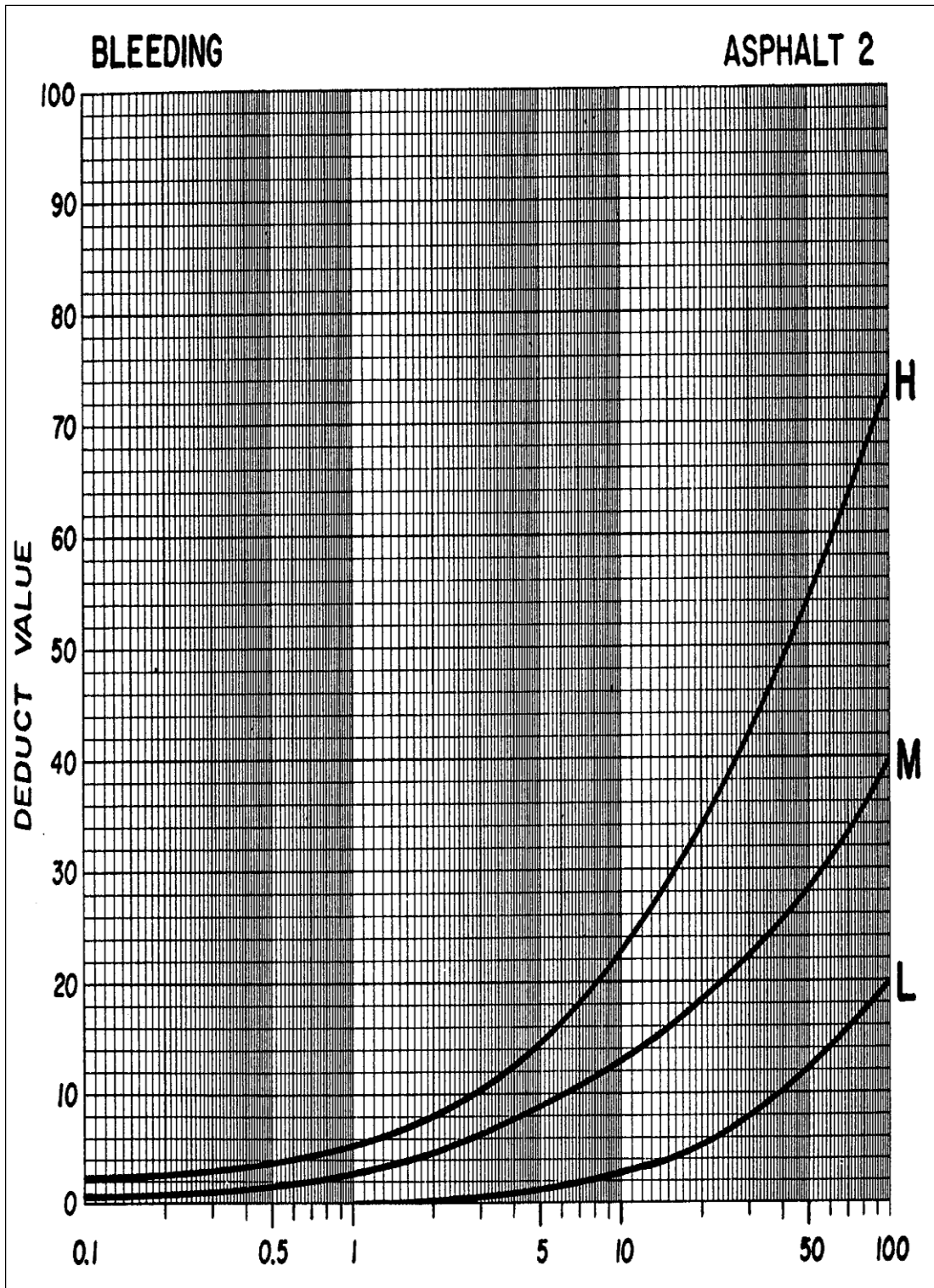


Gráfico 2 Exudación de asfalto

Se observan 3 vectores los cuales son: Low (baja), Medium (medio) y High (alto), se escogerá un nivel dependiendo de la gravedad del daño que se observe en el pavimento para luego proyectarlo según su porcentaje de densidad y así obtener los valores deducidos.

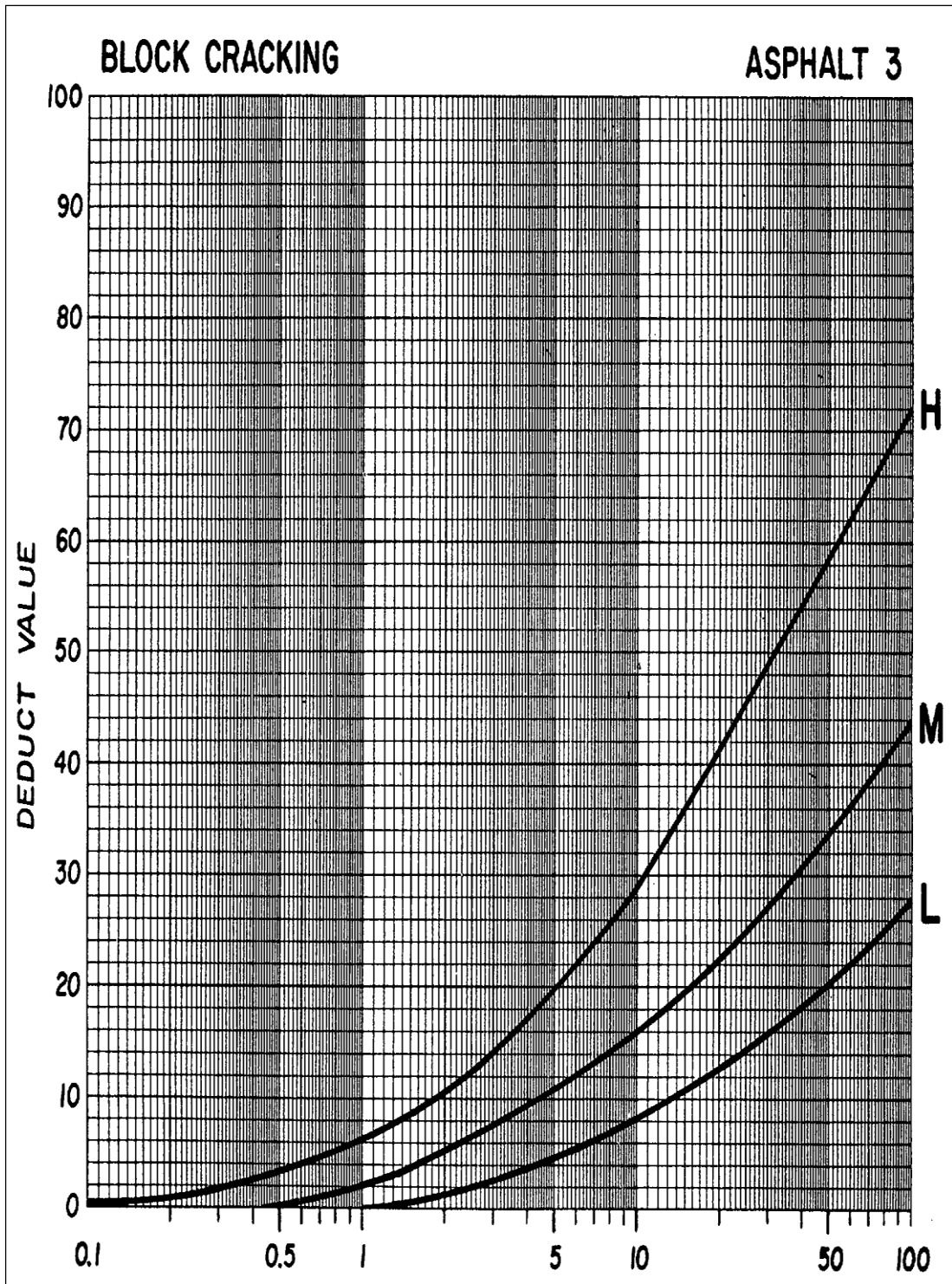


Gráfico 3 Agrietamiento múltiple

Se observan 3 vectores los cuales son: Low (baja), Medium (medio) y High (alto), se escogerá un nivel dependiendo de la gravedad del daño que se observe en el pavimento para luego proyectarlo según su porcentaje de densidad y así obtener los valores deducidos.

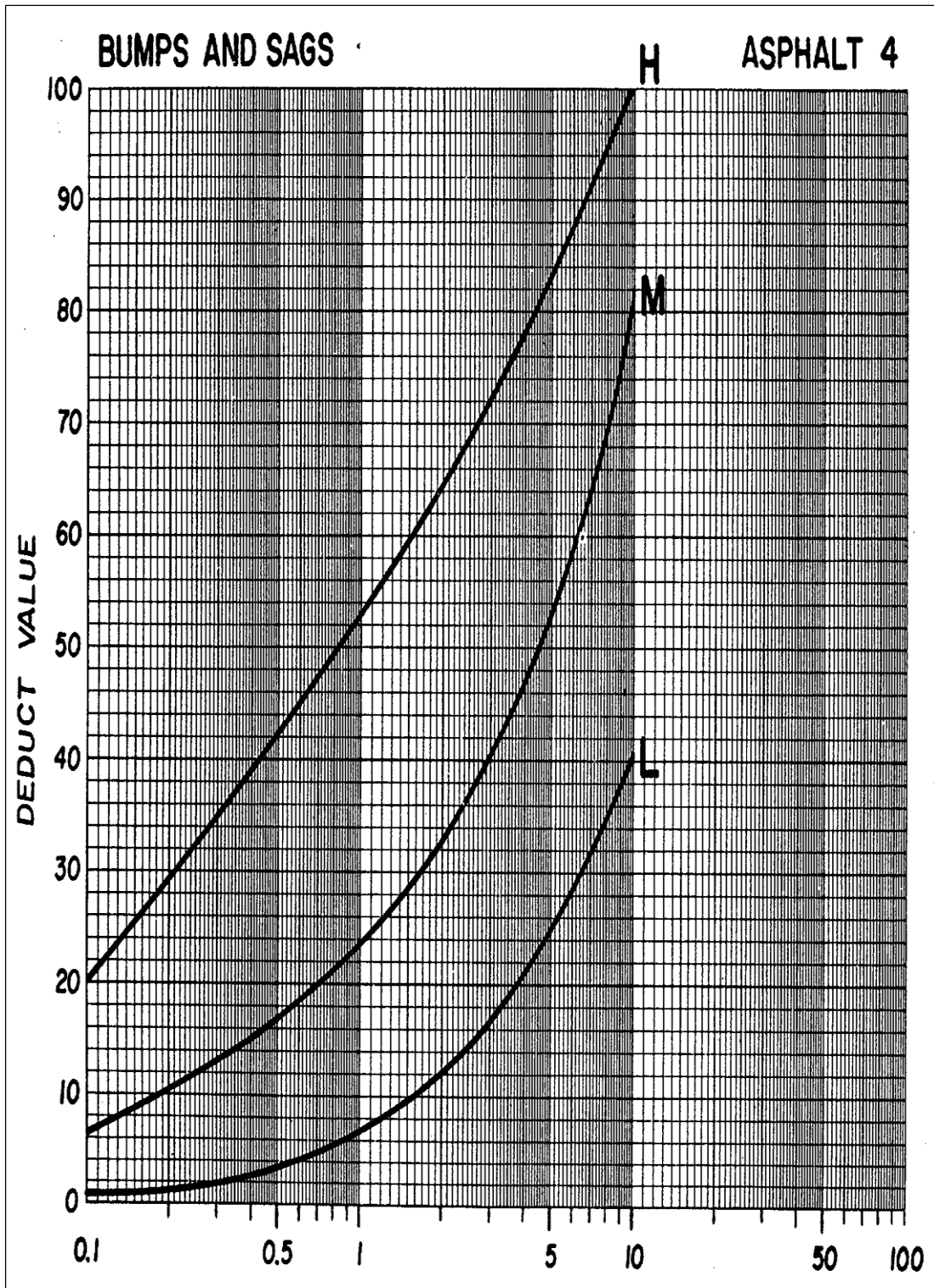


Gráfico 4 Protuberancias

Se observan 3 vectores los cuales son: Low (baja), Medium (medio) y High (alto), se escogerá un nivel dependiendo de la gravedad del daño que se observe en el pavimento para luego proyectarlo según su porcentaje de densidad y así obtener los valores deducidos.

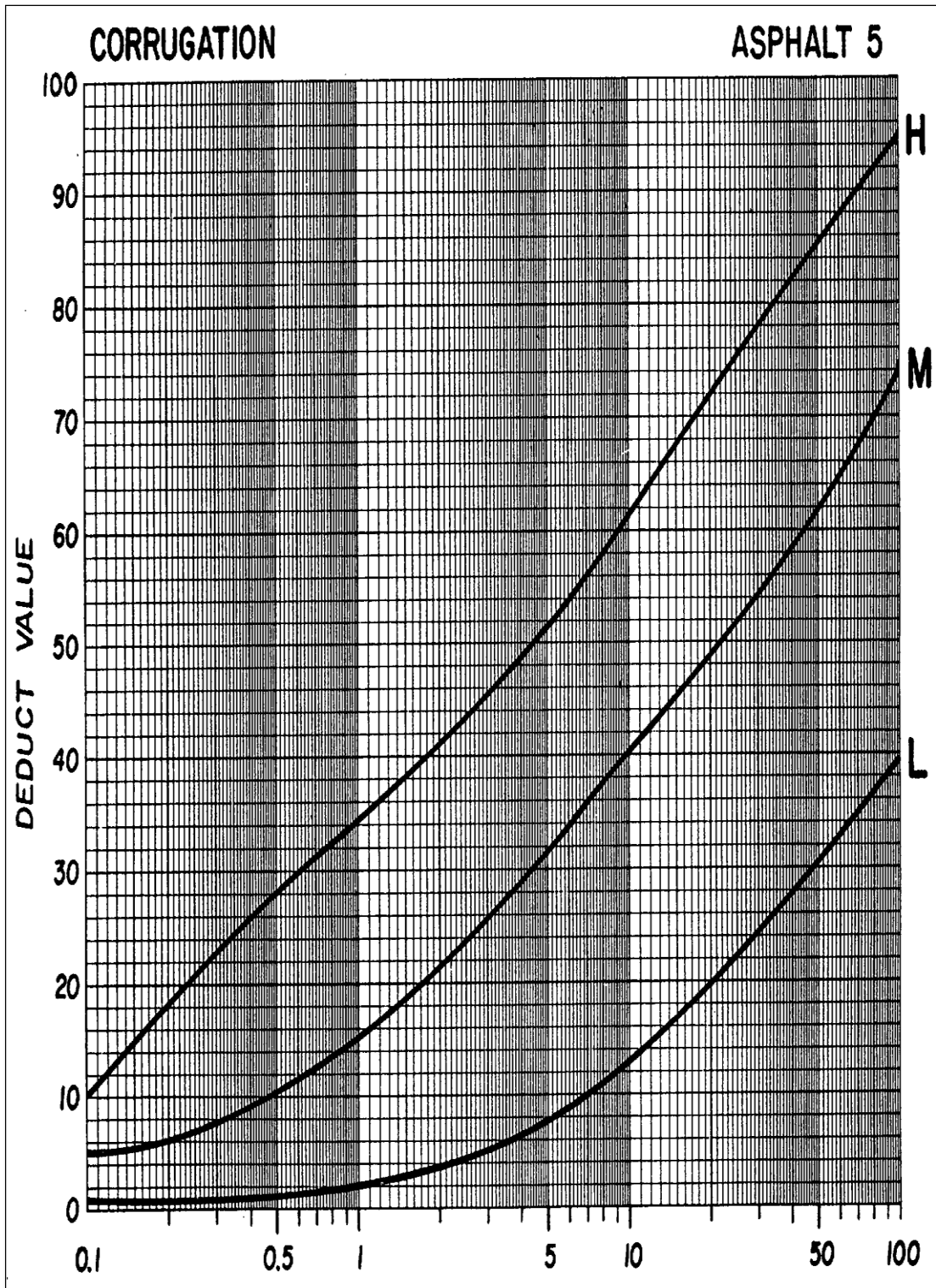


Gráfico 5 Corrugaciones

Se observan 3 vectores los cuales son: Low (baja), Medium (medio) y High (alto), se escogerá un nivel dependiendo de la gravedad del daño que se observe en el pavimento para luego proyectarlo según su porcentaje de densidad y así obtener los valores deducidos.

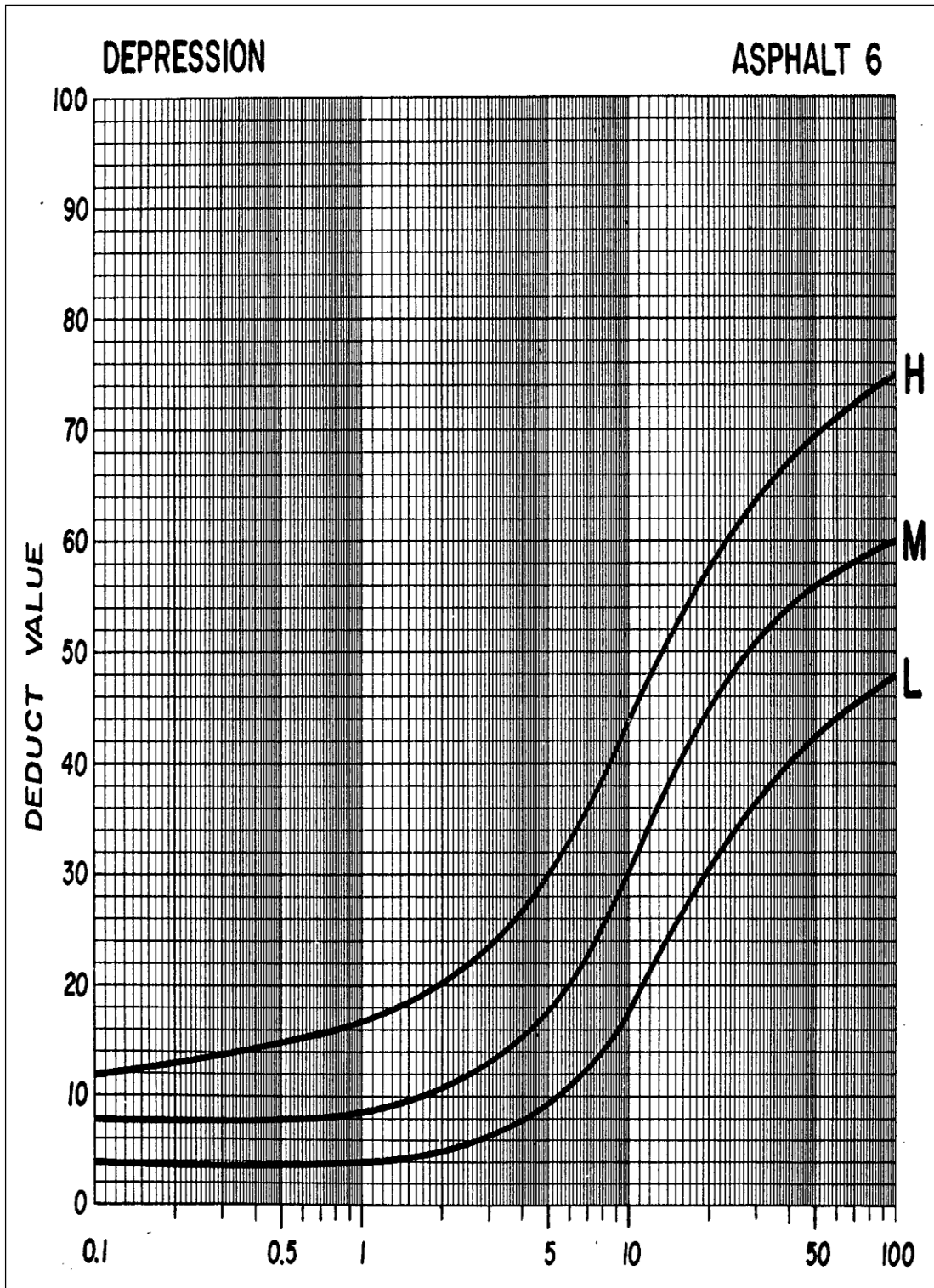


Gráfico 6 Depresiones

Se observan 3 vectores los cuales son: Low (baja), Medium (medio) y High (alto), se escogerá un nivel dependiendo de la gravedad del daño que se observe en el pavimento para luego proyectarlo según su porcentaje de densidad y así obtener los valores deducidos.

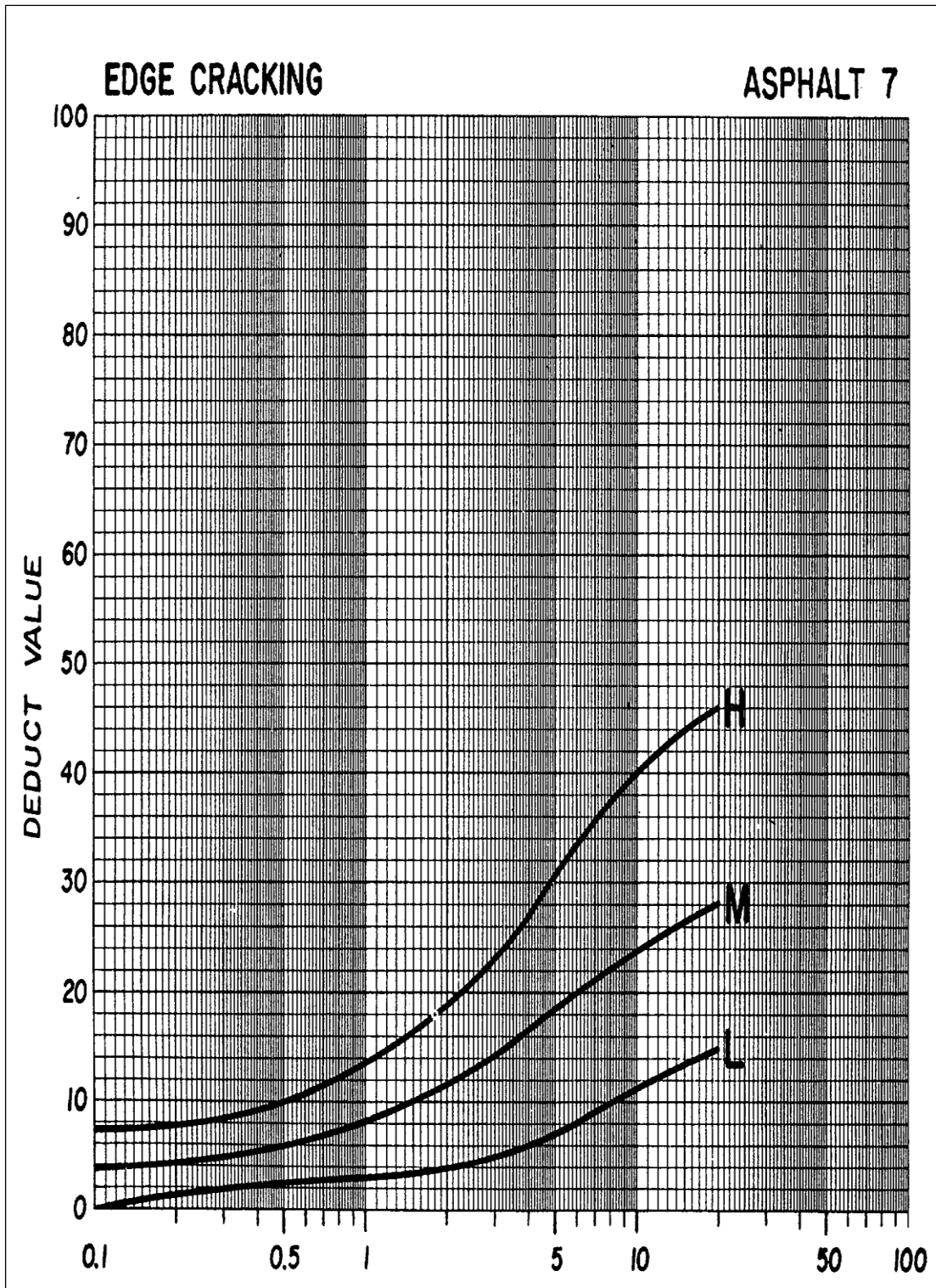


Gráfico 7 Agrietamientos de los bordes

Se observan 3 vectores los cuales son: Low (baja), Medium (medio) y High (alto), se escogerá un nivel dependiendo de la gravedad del daño que se observe en el pavimento para luego proyectarlo según su porcentaje de densidad y así obtener los valores deducidos.

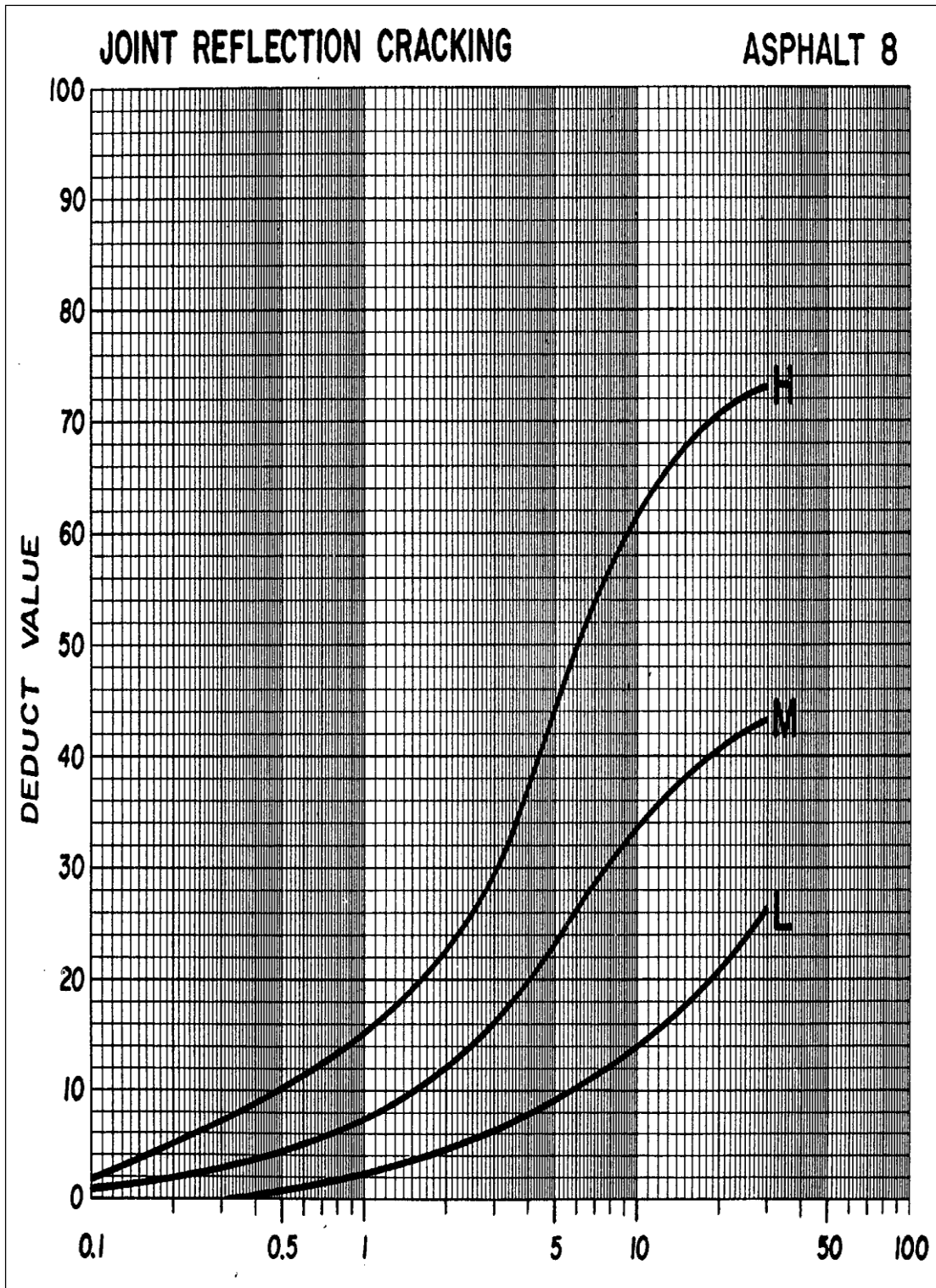


Gráfico 8 Agrietamiento por reflexión de juntas

Se observan 3 vectores los cuales son: Low (baja), Medium (medio) y High (alto), se escogerá un nivel dependiendo de la gravedad del daño que se observe en el pavimento para luego proyectarlo según su porcentaje de densidad y así obtener los valores deducidos.

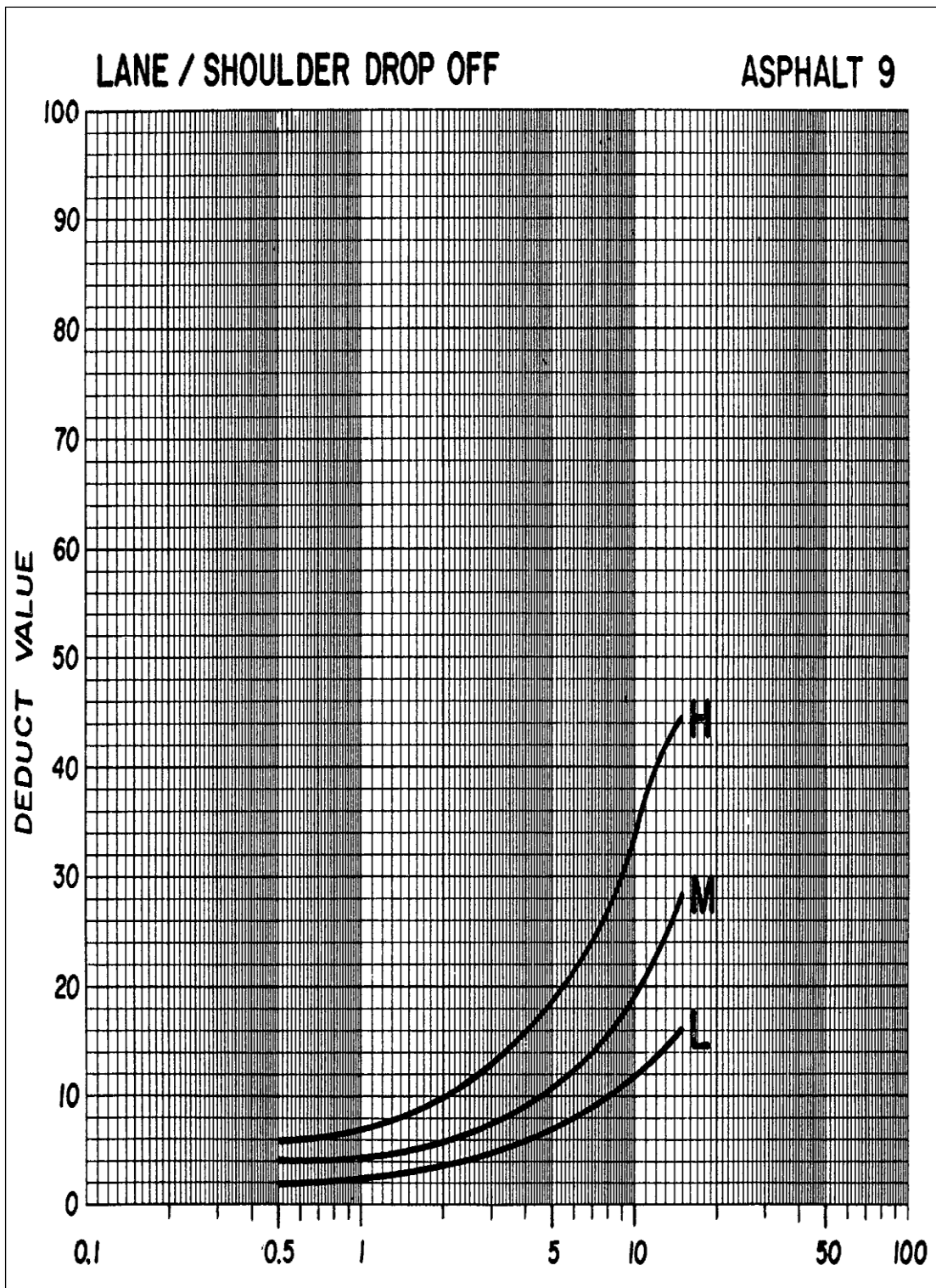


Gráfico 9 Caída de carril/hombro

Se observan 3 vectores los cuales son: Low (baja), Medium (medio) y High (alto), se escogerá un nivel dependiendo de la gravedad del daño que se observe en el pavimento para luego proyectarlo según su porcentaje de densidad y así obtener los valores deducidos.

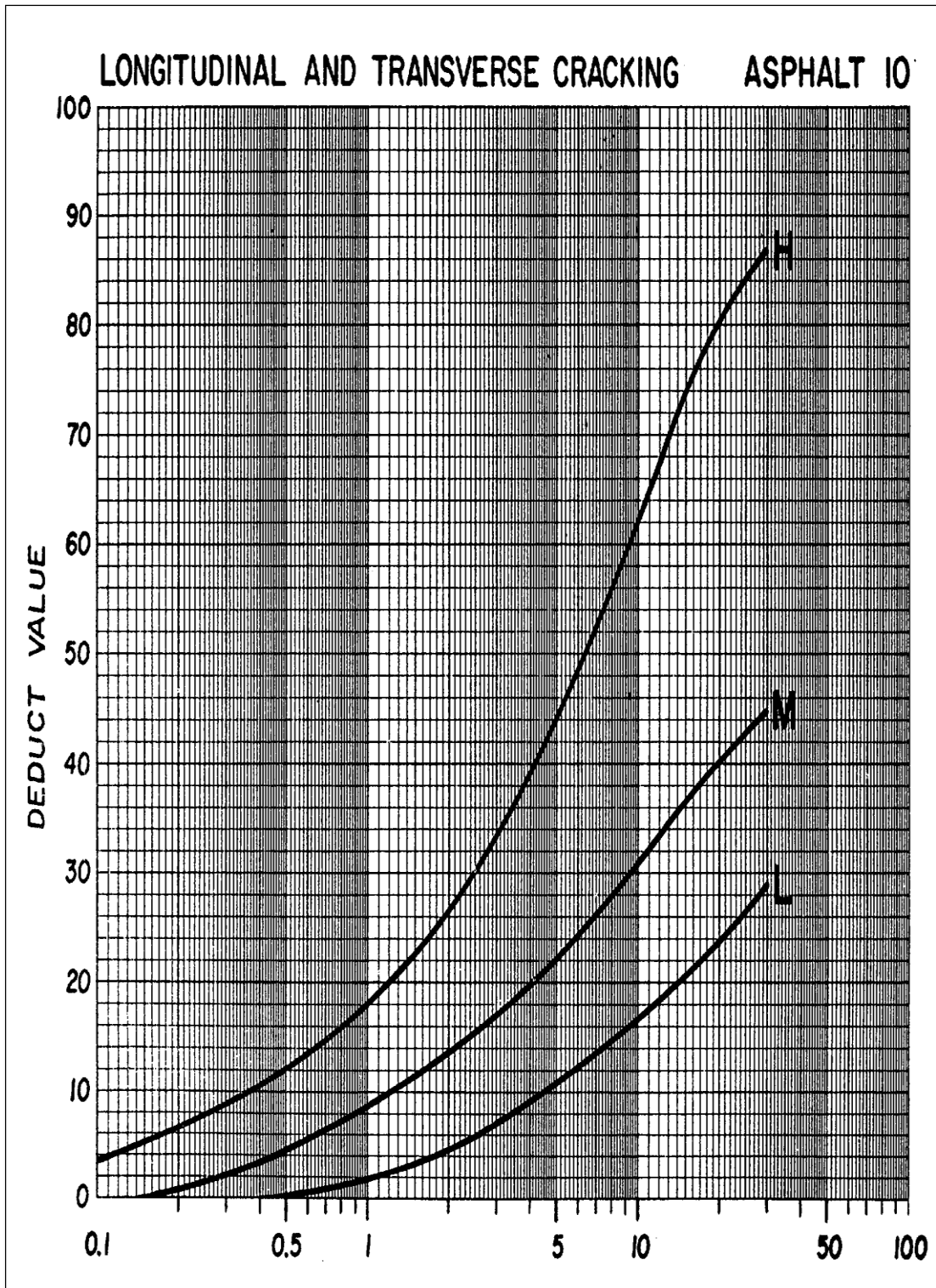


Gráfico 10 Agrietamiento longitudinal y transversal

Se observan 3 vectores los cuales son: Low (baja), Medium (medio) y High (alto), se escogerá un nivel dependiendo de la gravedad del daño que se observe en el pavimento para luego proyectarlo según su porcentaje de densidad y así obtener los valores deducidos.

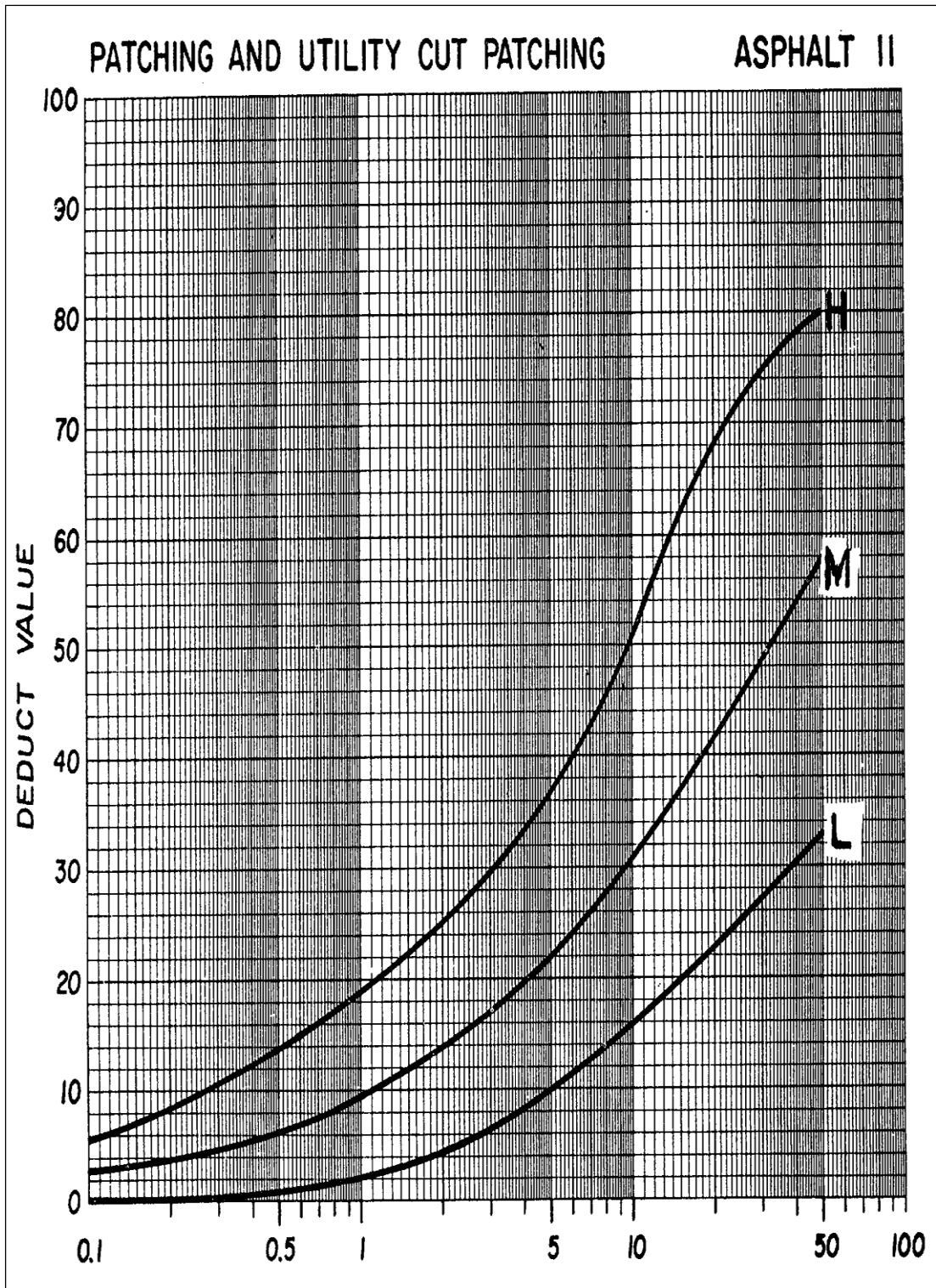


Gráfico 11 Parches

Se observan 3 vectores los cuales son: Low (baja), Medium (medio) y High (alto), se escogerá un nivel dependiendo de la gravedad del daño que se observe en el pavimento para luego proyectarlo según su porcentaje de densidad y así obtener los valores deducidos.

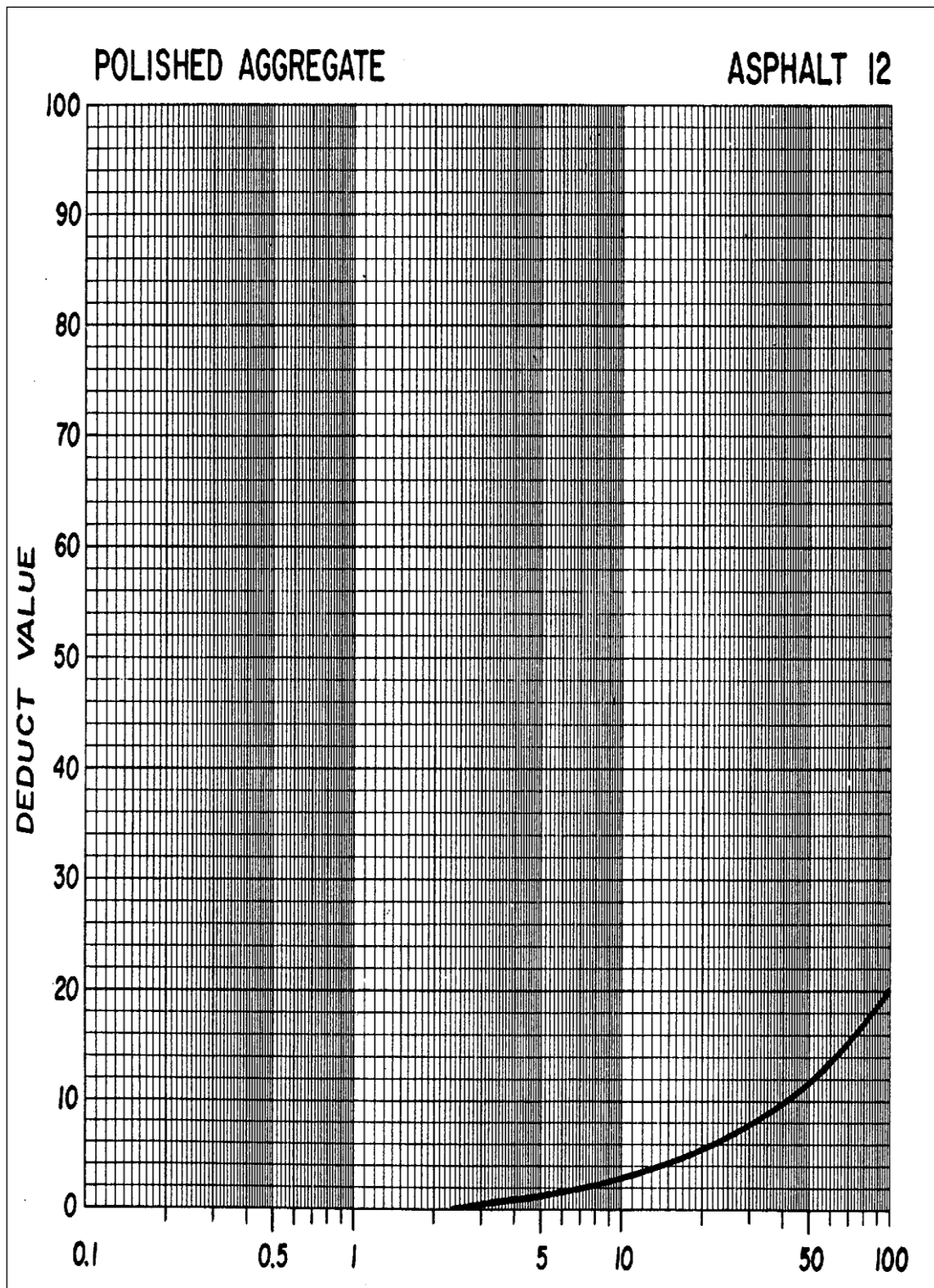


Gráfico 12 Desgaste de los agregados

En este caso solo se observa un vector el cual se proyectará según su porcentaje de densidad y así obtener los valores deducidos.

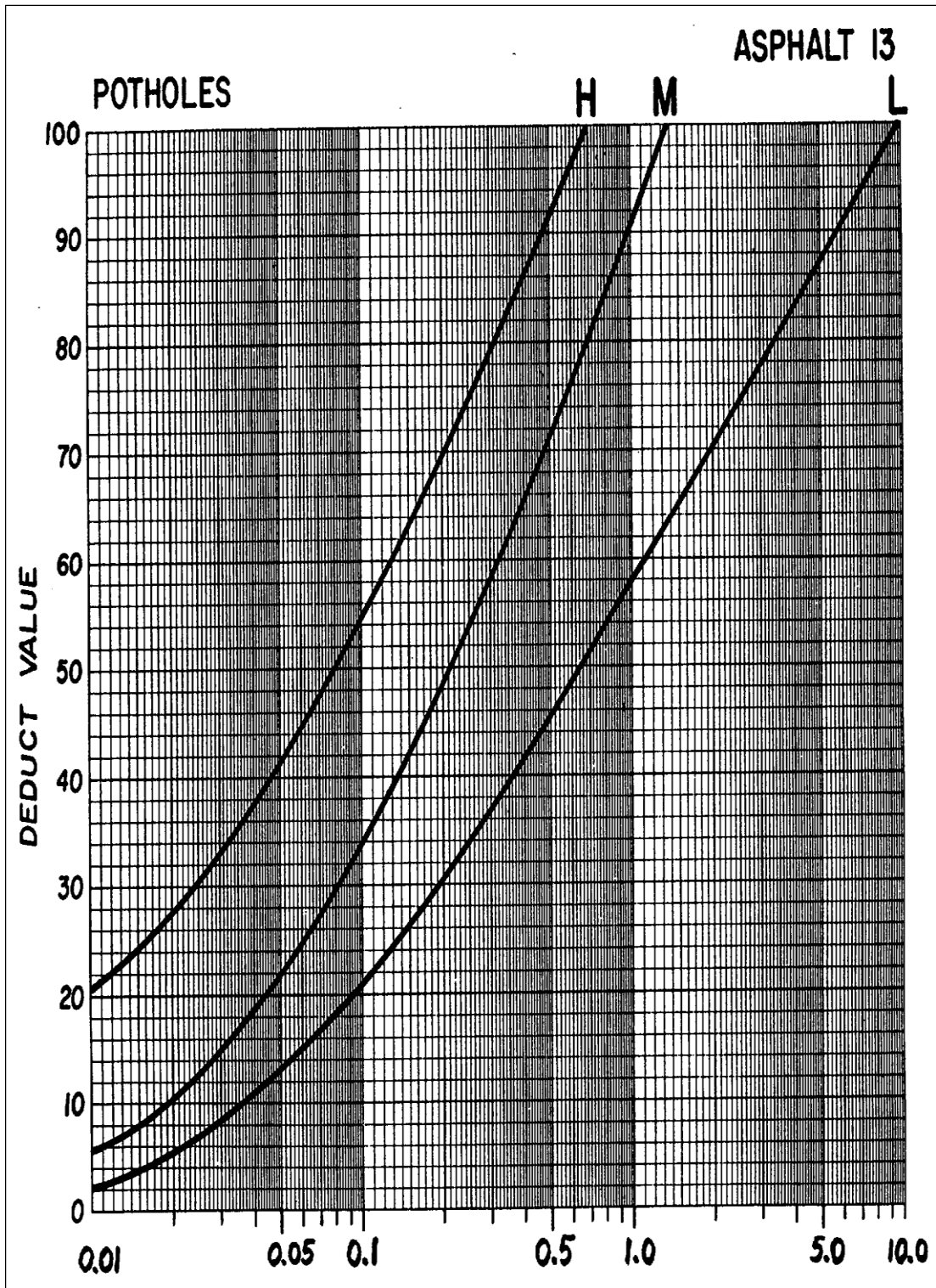


Gráfico 13 Baches

Se observan 3 vectores los cuales son: Low (baja), Medium (medio) y High (alto), se escogerá un nivel dependiendo de la gravedad del daño que se observe en el pavimento para luego proyectarlo según su porcentaje de densidad y así obtener los valores deducidos.

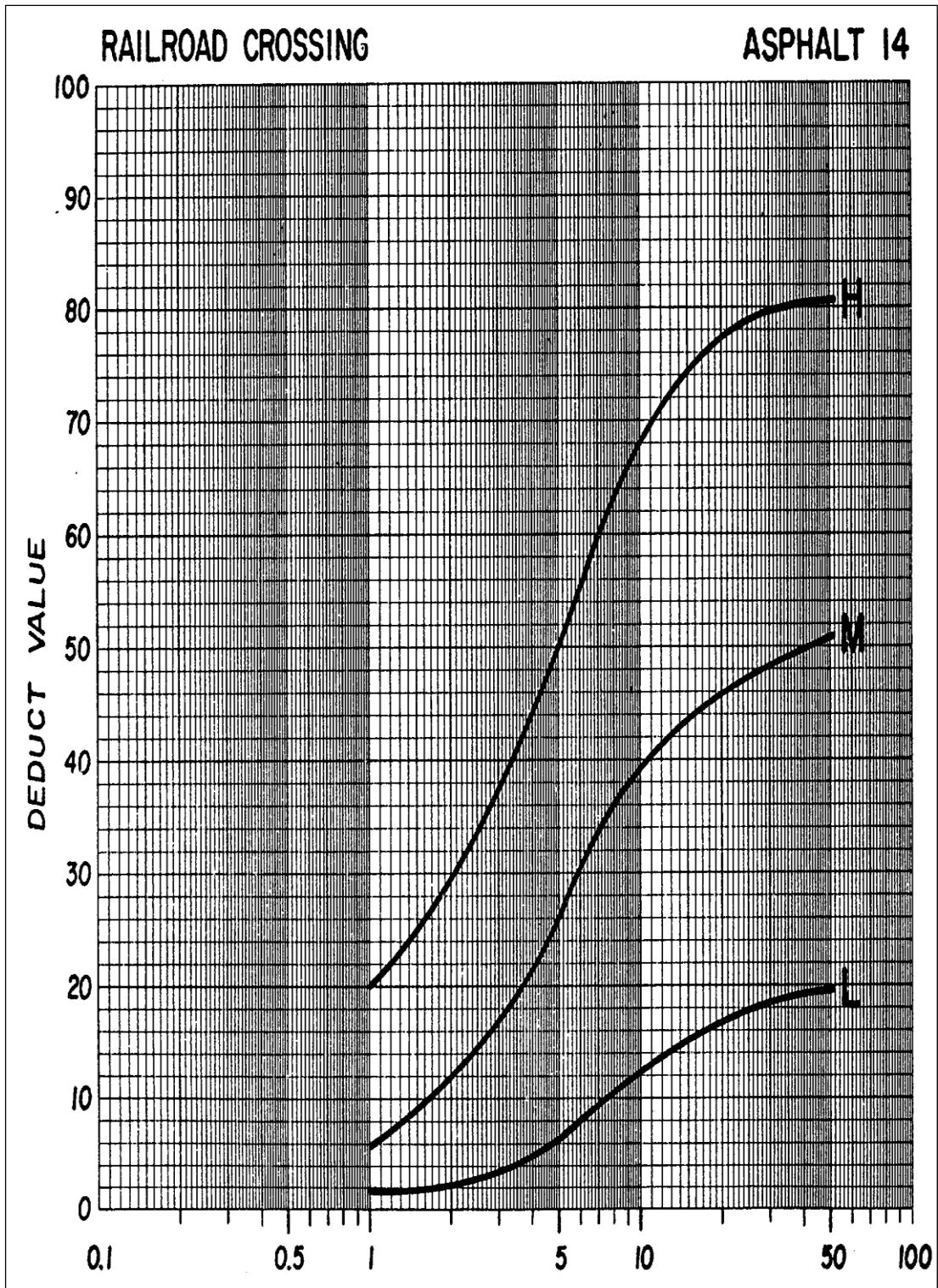


Gráfico 14 Cruce de ferrocarril

Se observan 3 vectores los cuales son: Low (baja), Medium (medio) y High (alto), se escogerá un nivel dependiendo de la gravedad del daño que se observe en el pavimento para luego proyectarlo según su porcentaje de densidad y así obtener los valores deducidos.

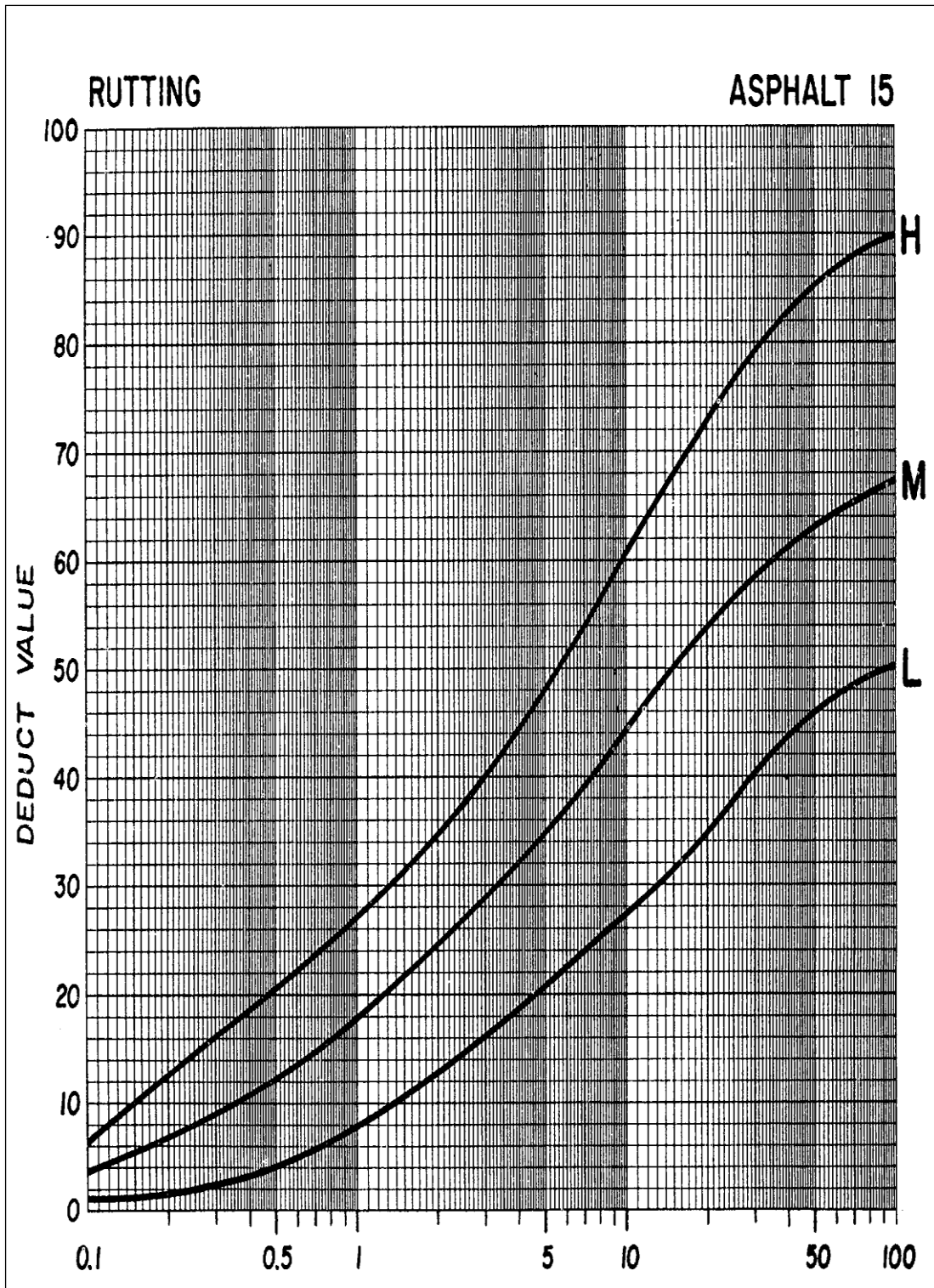


Gráfico 15 Canalizaciones

Se observan 3 vectores los cuales son: Low (baja), Medium (medio) y High (alto), se escogerá un nivel dependiendo de la gravedad del daño que se observe en el pavimento para luego proyectarlo según su porcentaje de densidad y así obtener los valores deducidos.

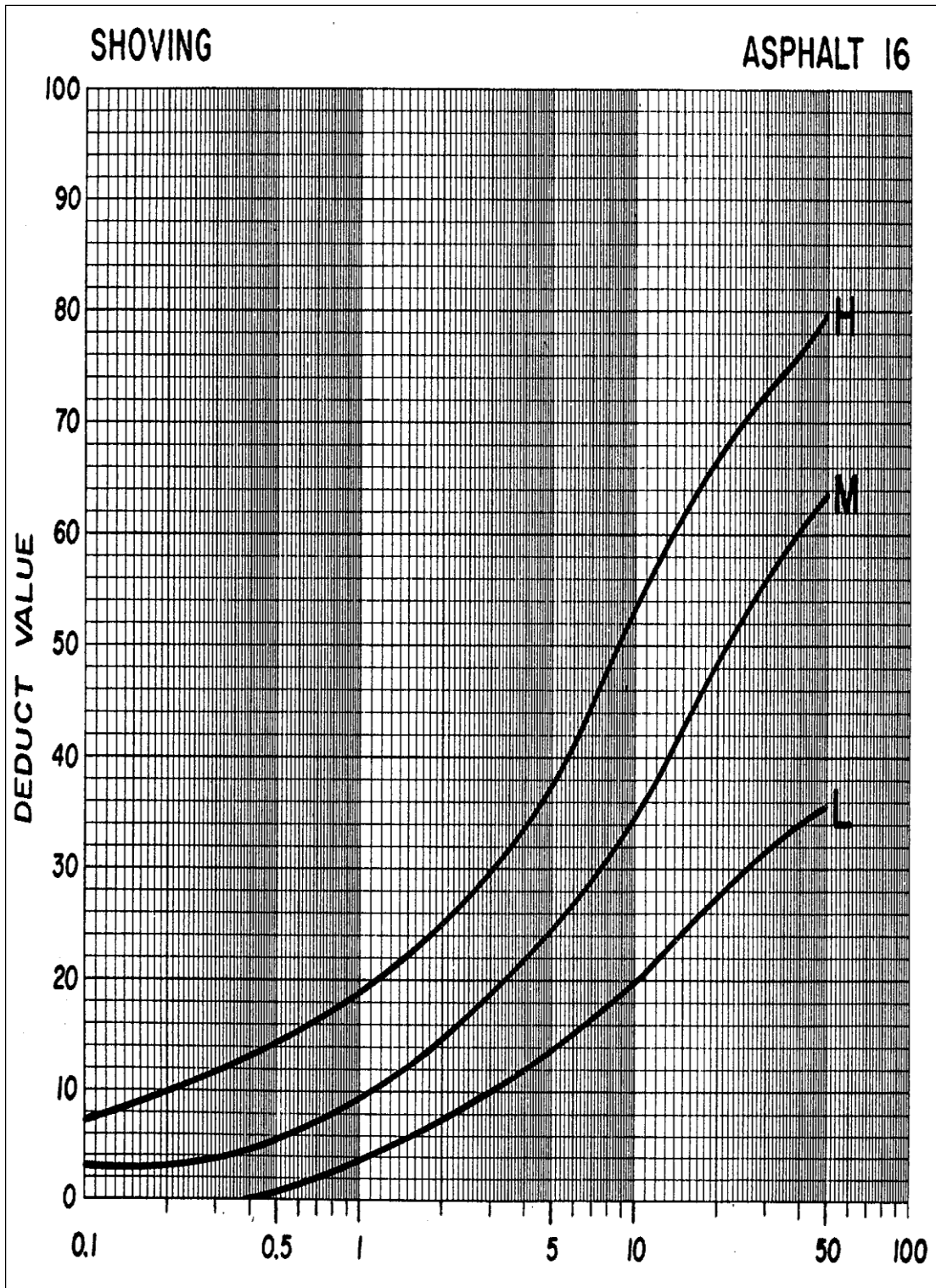


Gráfico 16 Ondulaciones

Se observan 3 vectores los cuales son: Low (baja), Medium (medio) y High (alto), se escogerá un nivel dependiendo de la gravedad del daño que se observe en el pavimento para luego proyectarlo según su porcentaje de densidad y así obtener los valores deducidos.

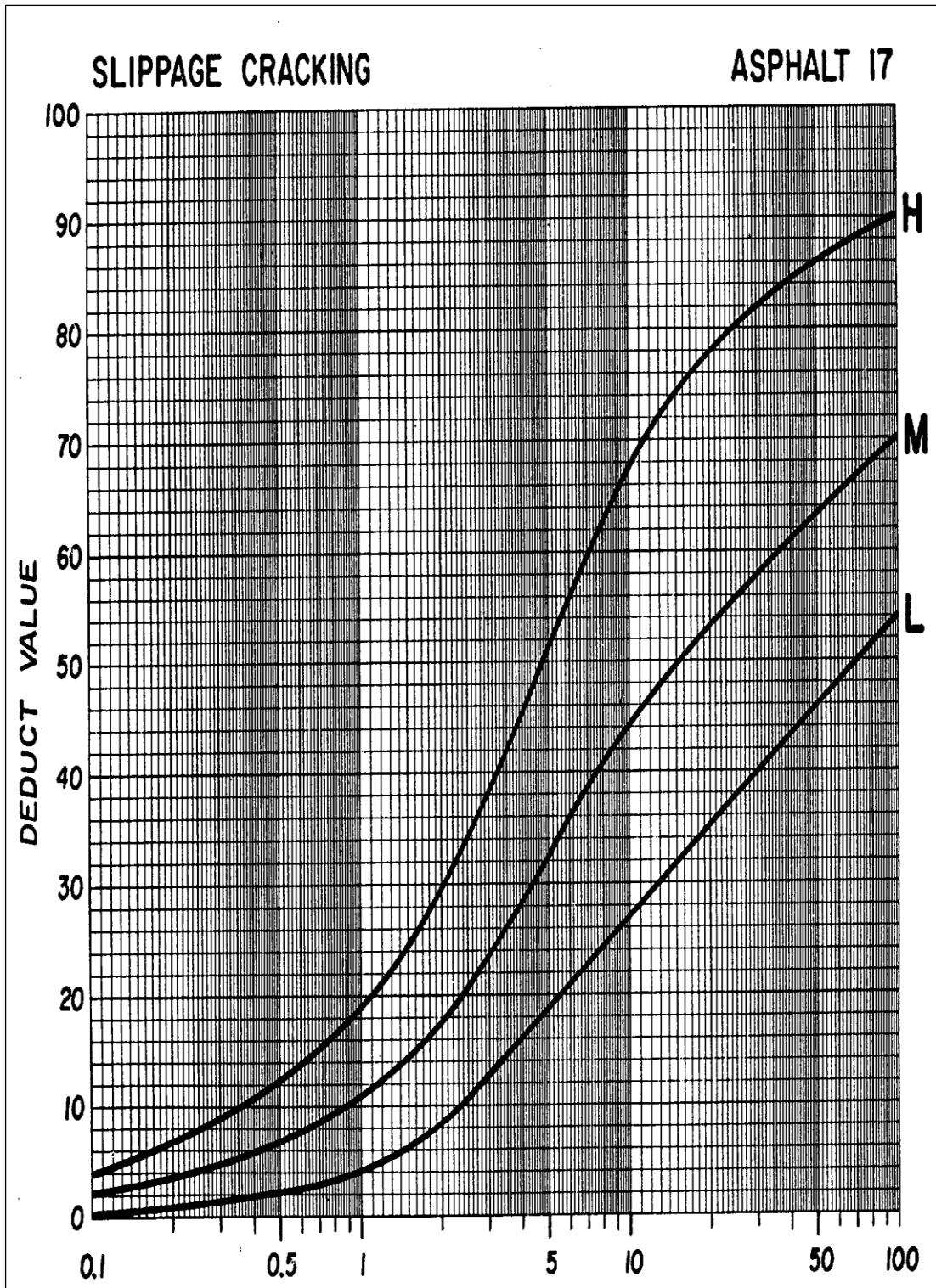


Gráfico 17 Agrietamiento por deslizamiento

Se observan 3 vectores los cuales son: Low (baja), Medium (medio) y High (alto), se escogerá un nivel dependiendo de la gravedad del daño que se observe en el pavimento para luego proyectarlo según su porcentaje de densidad y así obtener los valores deducidos.

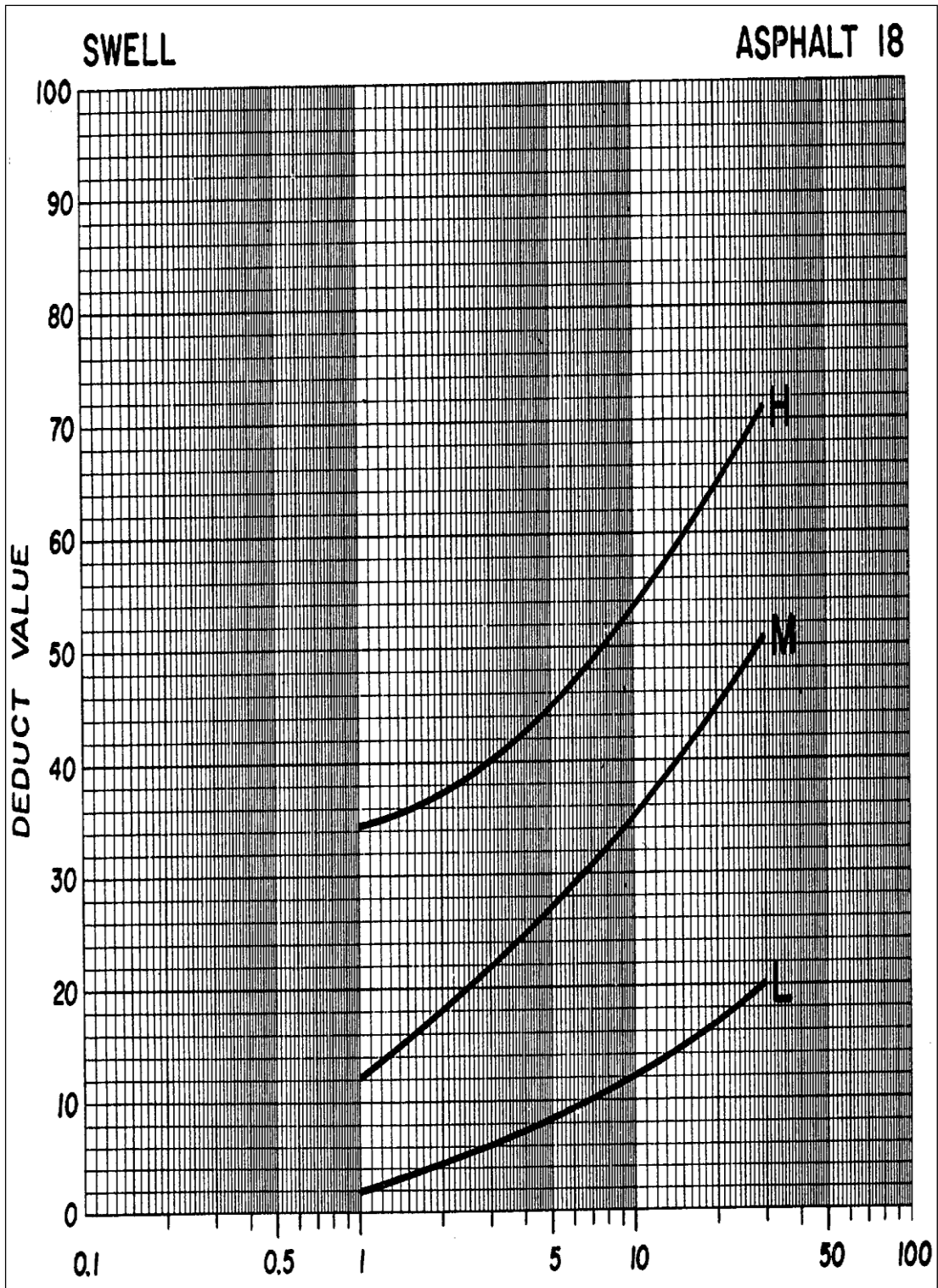


Gráfico 18 Hinchamientos

Se observan 3 vectores los cuales son: Low (baja), Medium (medio) y High (alto), se escogerá un nivel dependiendo de la gravedad del daño que se observe en el pavimento para luego proyectarlo según su porcentaje de densidad y así obtener los valores deducidos.

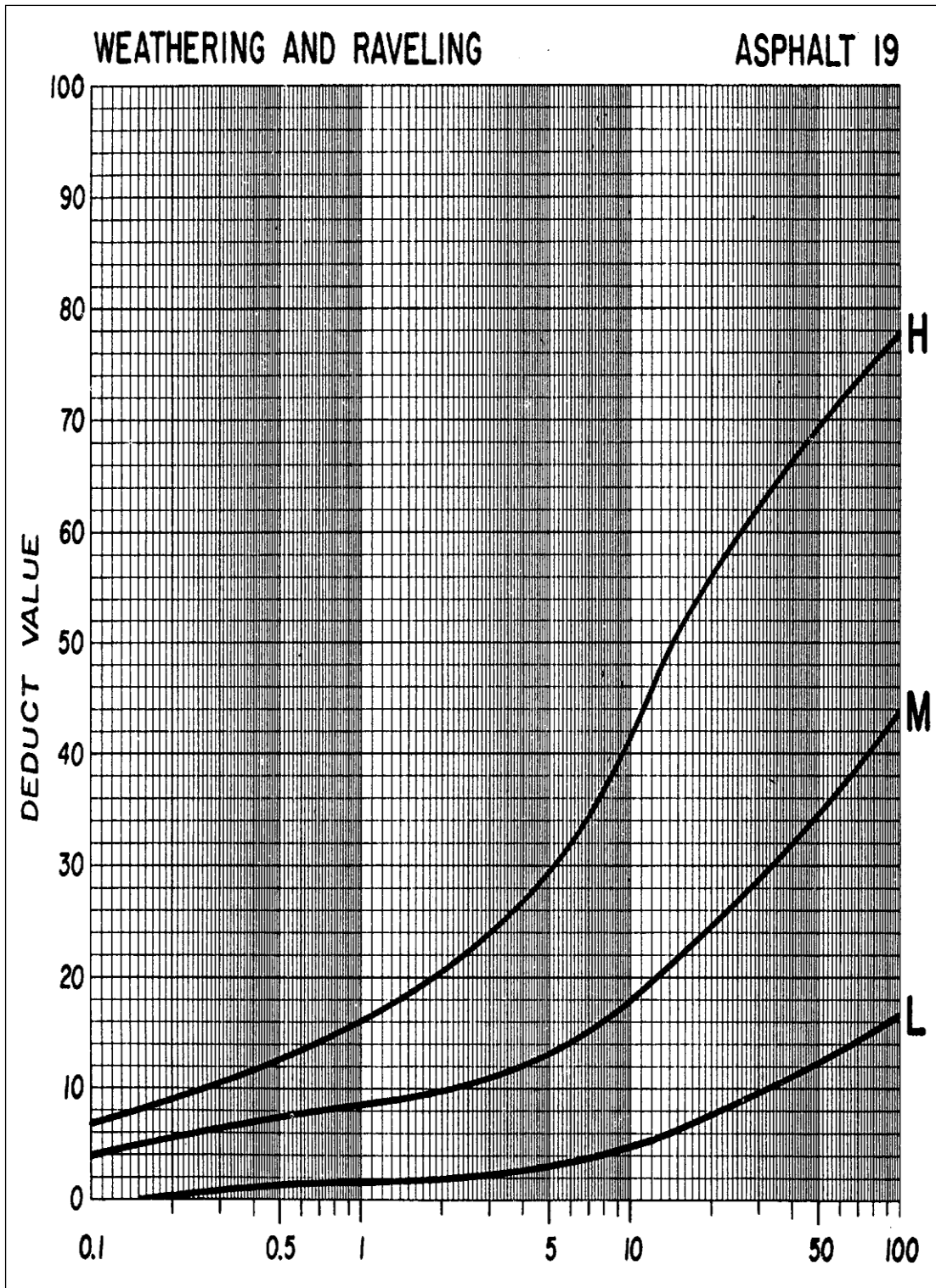


Gráfico 19 Desgastes y desprendimientos

Se observan 3 vectores los cuales son: Low (baja), Medium (medio) y High (alto), se escogerá un nivel dependiendo de la gravedad del daño que se observe en el pavimento para luego proyectarlo según su porcentaje de densidad y así obtener los valores deducidos.

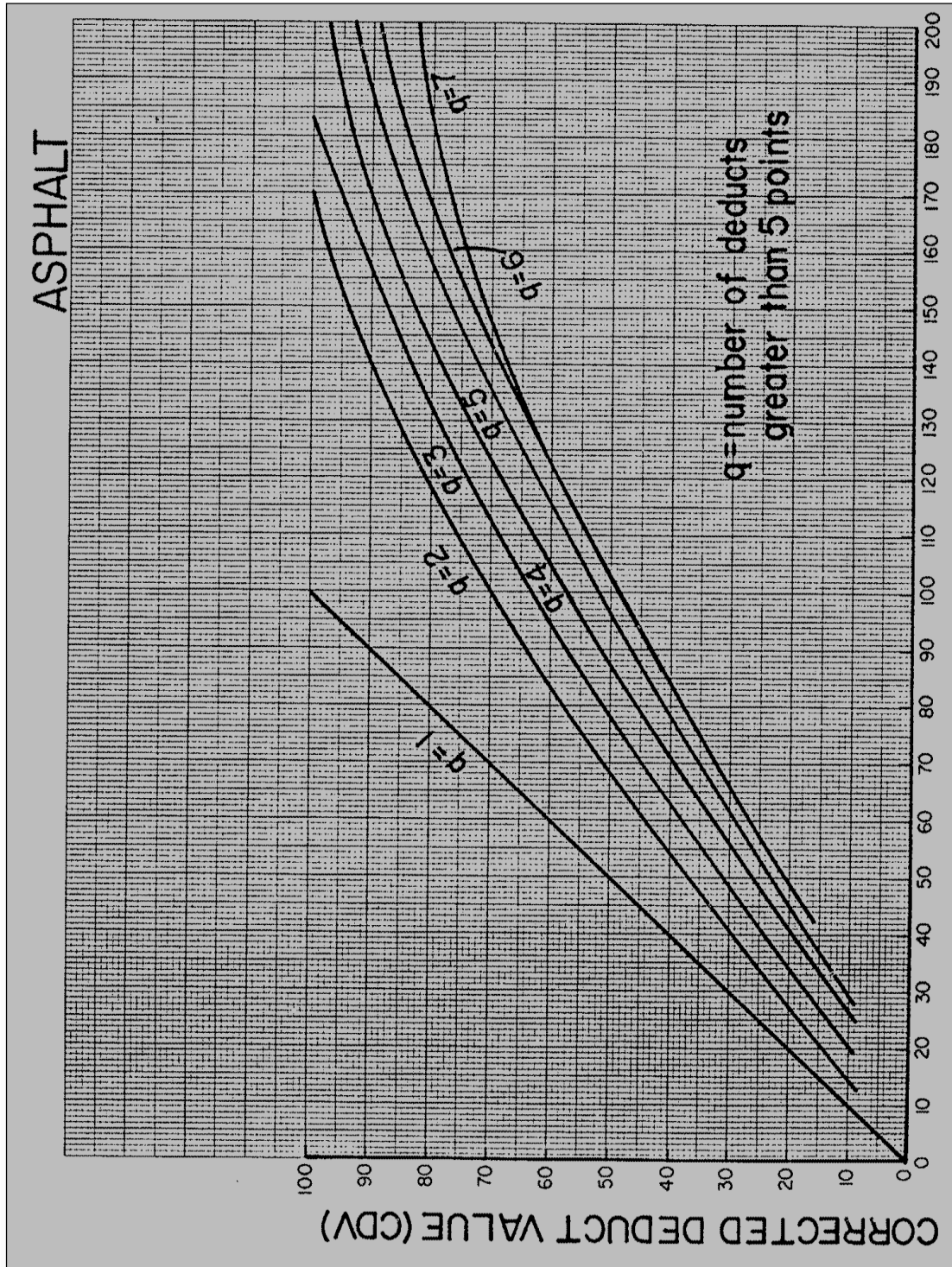


Gráfico 20 Valor deducido corregido

Dependiendo de la cantidad de fallas encontradas en el tramo evaluado se procederá a corregir el valor de deducido obtenido antes.

9.4. Anexo 4 Matriz de consistencia del estudio

Tabla 25 Matriz de consistencia del estudio

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	MÉTODOS
<p>Planteamiento del problema Problema General: ¿Cuál sería la condición del pavimento de la avenida Dominicos en el distrito de San Martín de Porres de Lima – Perú en el año 2016?</p> <p>Problemas Específicos: ¿Cuál sería la condición del índice de serviciabilidad de la avenida Dominicos en el distrito de San Martín de Porres de Lima – Perú en el año 2016?</p> <p>¿Cuál sería la condición de las fallas del pavimento de la avenida Dominicos en el distrito de San Martín de Porres de Lima – Perú en el año 2016?</p>	<p>Objetivo General Identificar la condición del pavimento de la avenida Dominicos en el distrito de San Martín de Porres de Lima – Perú en el año 2016</p> <p>Objetivos Específicos Establecer la condición del índice de serviciabilidad de la avenida Dominicos en el distrito de San Martín de Porres de Lima – Perú en el año 2016. Establecer la condición de las fallas del pavimento de la avenida Dominicos en el distrito de San Martín de Porres de Lima – Perú en el año 2016</p>	<p>Hipótesis General La condición de pavimento de la avenida dominicos es desfavorable en el distrito de San Martín de Porres de Lima – Perú en el año 2016.</p> <p>Hipótesis Especificas La condición del índice de serviciabilidad de la avenida dominicos es desfavorable en el distrito de San Martín de Porres de Lima – Perú en el año 2016. La condición de las fallas del pavimento de la avenida dominicos es desfavorable en el distrito de San Martín de Porres de Lima - Perú en el año 2016.</p>	<p>Variable Independiente Pavimentos</p> <p><i>Dimensiones</i> Pavimento rígido, Pavimento flexible, Pavimentos semi-rígidos, Pavimentos Articulados</p> <p>Variable Dependiente Método del PCI</p> <p><i>Dimensiones</i> Índice de serviciabilidad, Fallas del pavimento</p>	<p>MÉTODO El método es inductivo-deductivo</p> <p>TIPO DE INVESTIGACIÓN Cualitativa</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN Explicativo</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN No Experimental</p> <p>POBLACIÓN Y MUESTRA En esta investigación la población objeto de estudio estará conformado por los 10 tramos de la avenida dominicos.</p> <p>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS Manual de daños de PCI</p>