

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	<u>Documento</u> FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	<u>Código</u> F-AC-DBL-007	<u>Fecha</u> 10-04-2012	<u>Revisión</u> A
	<u>Dependencia</u> DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	<u>Aprobado</u> SUBDIRECTOR ACADEMICO		<u>Pág.</u> 1(134)

RESUMEN - TESIS DE GRADO

AUTORES	ELVER ALVAREZ MANJARREZ JOHAN FERNANDO PÁEZ RINCÓN
FACULTAD	INGENIERIAS
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA CIVIL
DIRECTOR	LEIDY JOHANA QUINTERO LEMUS
TÍTULO DE LA TESIS	DIAGNOSTICO DE LA RED VIAL DE LOS BARRIOS SANTA CLARA, DOS DE OCTUBRE Y VILLA PARAÍSO DEL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER

RESUMEN (70 palabras aproximadamente)

EN EL PRESENTE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN SE DA A CONOCER EL DIAGNÓSTICO Y LAS POSIBLES ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN DE ALGUNAS VÍAS DEL BARRIO DOS DE OCTUBRE, SANTA CLARA Y VILLA PARAÍSO DE LA COMUNA 6 DEL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER, CUYO OBJETIVO ES DETERMINAR Y ESTABLECER LAS CAUSAS QUE PROVOCAN LOS DETERIOROS PRESENTES EN LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO, Y PODER DETERMINAR SOLUCIONES PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS MISMOS.

CARACTERÍSTICAS

PÁGINAS: 134	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 84	CD-ROM: 1
---------------------	----------------	--------------------------	------------------



**DIAGNOSTICO DE LA RED VIAL DE LOS BARRIOS SANTA CLARA, DOS DE
OCTUBRE Y VILLA PARAÍSO DEL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE
SANTANDER**

**ELVER ALVAREZ MANJARREZ
JOHAN FERNANDO PÁEZ RINCÓN**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA CIVIL
OCAÑA
2014**

**DIAGNOSTICO DE LA RED VIAL DE LOS BARRIOS SANTA CLARA, DOS DE
OCTUBRE Y VILLA PARAÍSO DEL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE
SANTANDER**

**ELVER ALVAREZ MANJARREZ
JOHAN FERNANDO PÁEZ RINCÓN**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el
Título de Ingeniero Civil**

**Director
LEIDY JOHANA QUINTERO LEMUS
Ingeniera civil**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA CIVIL
OCAÑA
2014**

AGRADECIMIENTOS

Agradecer infinitamente a mi Dios, porque a pesar de que muchas veces puse mis intereses por encima de ti, nunca me faltaste y aunque no soy perfecto, trato de seguir ese camino, confiando en ti. Siempre has estado a mi lado ayudándome, guiándome, dándome la sabiduría, el entendimiento, la fuerza y la salud para afrontar cada obstáculo y vencerlo con éxito, sé que todos pueden decepcionarme menos tú mi señor y reconozco que sin ti no hubiese podido culminar satisfactoriamente esta etapa de mi vida. Muchas Gracias.

A mí madre Nellys, tú has sido sin duda después de Dios, el principal precursor de este logro, nunca te desesperaste e hiciste lo imposible para que yo pudiera seguir con mis estudios, creíste que podía y siempre te preocupaste por que tuviera todo lo necesario, eso me mantuvo firme en los momentos que tuve dificultades; de todo ello me doy cuenta y a veces paso por alto tus esfuerzos, pero es que si te agradeciera todo lo que haces por mí no habría espacio ni tiempo para hacerlo, Javier, Katiana y Deisy, como dejarlos de lado, si ustedes también han impulsado en gran parte a este logro, con su comprensión y ejemplo, lo cual me han permitido corregir y tratar de no cometer tantos errores, One nunca se me olvidara, gracias por esa herramienta que me diste, sin ella tampoco fuese posible este logro, a mis demás familiares y personas que me quieren, gracias, sé que sin sus oraciones y consejos no habría logrado esta meta.

A la ingeniera Leidy Johana Quintero Lemus, quien confió en nuestras capacidades y nos brindó su tiempo, conocimiento y asesorías, los cuales fueron la base para poder lograr cada uno de los objetivos, gracias por su apoyo en la elaboración de este proyecto.

A la comunidad del barrio Dos de Octubre, Santa Clara y Villa Paraíso, por su ayuda y comprensión en las diferentes visitas realizadas en campo.

A los jurados del proyecto de grado, por hacer parte de este logro y que con sus excelentes opiniones contribuyeron a mejorarlo.

A la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña por permitirme ser miembro de su comunidad, y por contribuir en mi formación personal y profesional.

Y a todos y cada una de las personas que apoyaron la idea y fortalecieron el proceso llevado a cabo en esta investigación.

Elver Alvarez

AGRADECIMIENTO

En la vida se obtiene lo que se ha luchado con esfuerzo y dedicación gracias a DIOS mis padres, Esposa e Hijos, he alcanzado un nuevo peldaño más en mi vida, que no es el último pero que gracias a este triunfo es el motivo de gran orgullo y satisfacción.

Al señor Álvaro Arias Sarabia, Miralba Osorio y Sandra milena Arias Osorio, quienes me brindaron su apoyo incondicional.

A nuestra directora de tesis la ingeniera leydi Johana Quintero Lemus quien acepto dirigirnos y asesorarnos en el trabajo que aquí presentamos y quien con su paciencia nos ayudó a la realización de este gran sueño.

A todas las personas que de una u otra forma hicieron parte de este logro.

Johan Fernando Páez

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado la fortaleza en esos momentos de dificultad y poder seguir el camino; por ello con todo el amor y la sinceridad que mi corazón puede proporcionar, dedico este trabajo a ti mi señor.

Con todo mi cariño y amor para ti Nellys, por hacer todo en la vida y apoyarme incondicionalmente, para que yo pudiera lograr este sueño, a ti por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

De igual forma a esas personas importantes en mi vida, a los que siempre estuvieron listas para brindarme su ayuda, ahora debo regresarles un poco de todo lo que me han concedido, con todo mi cariño esta tesis la dedico a ustedes.

Elver Alvarez

DEDICATORIA

A mi DIOS Todopoderoso por ser mi guía y quien nunca me desampara.

A mis padres Raúl Páez y Diosa Rincón, por su apoyo incondicional, por su amor y por todo el sacrificio para brindarme esta hermosa oportunidad.

A mi esposa Andrea Marcela Arias y mis hijos Johan Santiago y Evaluna Páez, quienes han sido el motor de mi vida, y un apoyo importante para alcanzar este triunfo.

Johan Fernando Páez

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. DIAGNOSTICO DE LA RED VIAL DE LOS BARRIOS SANTA CLARA, DOS DE OCTUBRE Y VILLA PARAÍSO DEL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER	18
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.3 OBJETIVOS	19
1.3.1 Objetivo General	19
1.3.2 Objetivos Específicos	19
1.4 JUSTIFICACIÓN	19
1.5 DELIMITACIONES	20
1.5.1 Delimitación Geográfica	20
1.5.2 Delimitación Temporal	20
1.5.3 Delimitación Conceptual	21
2. MARCO REFERENCIAL	22
2.1 MARCO HISTÓRICO	22
2.2 MARCO CONTEXTUAL	23
2.3 MARCO CONCEPTUAL	23
2.4 MARCO TEÓRICO	25
2.4.1 Pavimento Rígido	25
2.4.1.1 Elementos que Integran un Pavimento Rígido	25
2.4.2 Diagnóstico del Estado del Pavimento	26
2.4.3 Preparación del Terreno para Construir una Estructura de Pavimento Rígido	27
2.4.4 Proceso de Pavimentación en una Estructura de Pavimento Rígido	27
2.4.5 Aplicaciones de los Pavimentos Rígidos	28
2.4.6 Daños en Pavimentos Rígidos	29
2.4.7 Transito Promedio Diario	36
2.4.7.1 Volúmenes a futuro	36
2.4.8 Ensayos Para la Evaluación de Pavimentos Rígidos	38
2.5 MARCO LEGAL	41
2.5.1 Normas Nacionales	41
2.5.2 Regulaciones Estipuladas por el INVIAS	41
3. DISEÑO METODOLÓGICO	42
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	42
3.2 POBLACIÓN	42
3.3 MUESTRA	42
3.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	42
3.4.1 Fuentes Primarias	42

3.4.2 Fuentes Secundarias	42
3.5 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	42
3.6 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	43
3.7 UBICACIÓN	43
3.8 MORFOLOGÍA DEL TERRENO	44
3.9 GEOLOGÍA REGIONAL	44
3.10 GEOLOGÍA LOCAL	45
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES	46
4.1 INSPECCIÓN VISUAL DEL PAVIMENTO	46
4.2 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LOS ESPESORES DE LA CARPETA DE RODADURA	50
4.2.1 Caracterización Mecánica De La Subrasante	53
4.2.2 Caracterización Física De La Subrasante	57
4.2.3 Caracterización Del Tránsito Vehicular	69
4.3 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	72
4.3.1 Propuesta De Diseño De La Estructura Del Pavimento	72
4.3.2 Propuesta de mejoramiento a las fallas actuales de la carpeta de rodadura	82
4.3.3 Propuesta de mejoramiento a la subrasante actual	86
4.4 Presupuesto General Para Las Alternativas De Solución	90
5. CONCLUSIONES	91
6. RECOMENDACIONES	92
REFERENCIAS DOCUMENTALES ELECTRÓNICAS	93
ANEXOS	95

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estado actual de las vías en estudio	18
Figura 2. Localización y Señalización geográfica de la zona de estudio	20
Figura 3. Sección típica de un pavimento rígido	25
Figura 4. Deficiencia del sellado	29
Figura 5. Juntas desportilladas	30
Figura 6. Separación de la junta longitudinal	30
Figura 7. Desintegración	31
Figura 8. Baches	31
Figura 9. Textura inadecuada	32
Figura 10. Levantamiento localizado	33
Figura 11. Parches deteriorados	33
Figura 12. Grieta de esquina	34
Figura 13. Grieta longitudinal	34
Figura 14. Grieta transversal	35
Figura 15. Fisuramiento por retracción	35
Figura 16. Presencia o emanación de finos	36
Figura 17. Ubicación de la zona de estudio	43
Figura 18. Localización y formación geológica de la zona de estudio	45
Figura 19. Grieta de esquina	47
Figura 20. Grieta en bloque	47
Figura 21. Grieta de esquina	47
Figura 22. Grieta en bloque	47
Figura 23. Bache	48
Figura 24. Bache	48
Figura 25. Bache	48
Figura 26. Bache	48
Figura 27. Tramo sin pavimentar	49
Figura 28. Bache	49
Figura 29. Losa en perfecto estado	49
Figura 30. Tramo sin pavimentar	49
Figura 31. Extracción de núcleos de concreto Calle 4 barrio Dos de Octubre	50
Figura 32. Fin del ensayo de resistencia	50
Figura 33. Localización de las extracciones de núcleos de concreto	51
Figura 34. Tipos de fallas	51
Figura 35. Muestra mal dosificada o con carencia de vibrado	53
Figura 36. Muestra con agregados inapropiados	53
Figura 37. Nivelación y toma de lectura inicial	54
Figura 38. Ejecución del ensayo	54
Figura 39. Localización de los sondeos realizados con el PDC	55
Figura 40. Localización de los apiques realizados	58
Figura 41. Material arcilloso extraído	59

Figura 42. Arena arcillosa extraída	60
Figura 43. Material arcilloso	60
Figura 44. Arena arcillosa color beis	61
Figura 45. Levantamiento de losa de concreto	61
Figura 46. Culminación del apique	62
Figura 47. Material arcilloso color café pardo	62
Figura 48. Inicio del apique	63
Figura 49. Material arcilloso	63
Figura 50. Material arcilloso	63
Figura 51. Material arcilloso	64
Figura 52. Culminación del apique	64
Figura 53. Arena arcillosa color café pardo	64
Figura 54. Culminación del apique	64
Figura 55. Desarrollo del apique	65
Figura 56. Estratos arcillosos encontrados	65
Figura 57. Arena arcillosa	66
Figura 58. Arena arcillosa	66
Figura 59. Arena arcillosa	67
Figura 60. Arena arcillosa	67
Figura 61. Arena arcillosa	68
Figura 62. Conteo vehicular correspondiente al 2 de Julio de 2014 en la vía 2	70
Figura 63. Pasos para la manipulación del programa	74
Figura 64. Especificaciones de vías doble sentido	75
Figura 65. Máquina ejecutando una junta de contracción por serrado	76
Figura 66. Esquema de ejecución de juntas de contracción en fresco	77
Figura 67. Junta de dilatación con pasadores	78
Figura 68. Encofrado en junta de final de día	78
Figura 69. Detalle de junta longitudinal con barra de unión o atado	79
Figura 70. Diseño de canastilla	80
Figura 71. Sellado con silicona	81
Figura 72. Factor forma del sellado debido al cordón	81
Figura 73. Instalación del obturador de fondo	81
Figura 74. Dimensiones de caja para juntas	82
Figura 75. Sellados de juntas entre 12mm y 20mm	83
Figura 76. Sellados de juntas entre 20mm y 30mm	83
Figura 77. Sellados de juntas mayores a 30mm	84
Figura 78. Aplicación de puente de adherencia en reparación	85
Figura 79. Fugas en el sistema de redes	87
Figura 80. Arreglo de fugas	87
Figura 81. Aireación del suelo previo a su estabilización	88
Figura 82. Distribución de cal en tramo a estabilizar	88
Figura 83. Extendido de cal previo a su mezclado	89
Figura 84. Compactación y nivelación	89

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tipos de daños de la superficie de un pavimentos rígido	29
Tabla 2. Índice de CBR	38
Tabla 3. Valores respectivo de carga para la penetración	39
Tabla 4. Deterioros presentes en las vías de estudio	46
Tabla 5. Porcentajes de afectación por cada deterioro	46
Tabla 6. Resistencia obtenida por cada uno de los núcleos extraídos	52
Tabla 7. Obtención del CBR por medio del penetrómetro dinámico de cono	55
Tabla 8. Obtención del CBR por medio del penetrómetro dinámico de cono	56
Tabla 9. Clasificación y parámetros de las muestras	59
Tabla 10. Resultados del conteo vehicular	71
Tabla 11. Porcentajes para cada tipo de vehículos	71
Tabla 12. Datos para espesores de losa	71
Tabla 13. Datos para los espesores de losa	73

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Grafica 1. Relación profundidad vs número de golpes acumulados del sondeo 1 de la Vía 1	56
Grafica 2. Relación profundidad vs número de golpes acumulados del sondeo 2 de la Vía 1	57
Grafica 3. Calculo del límite líquido para el apique 3 de la Vía 2	58
Grafica 4. Perfil de humedades apique No. 2 del apique 1	68
Grafica 5. Perfil granulométrico del apique No. 1 de la Vía 4	69

RESUMEN

Este trabajo de investigación presenta el diagnóstico y las posibles alternativas de solución de algunas vías del barrio Dos de Octubre, Santa Clara y Villa Paraíso de la comuna 6 del Municipio de Ocaña, Norte de Santander. En el cual se pretende determinar las causas que provocan los deterioros presentes en la estructura del pavimento de cada una de éstas. La metodología empleada consistió en la ejecución de ensayos in situ de PDC, inspección visual, conteo vehicular (TPDs), extracción de núcleos de concreto y de laboratorios, clasificación de suelo, humedades, límites de consistencia y resistencia a la estructura del pavimento.

Los ensayos de campo y de laboratorio, fueron realizados cumpliendo con las Normativas Colombianas (NTC) y las especificaciones estipuladas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

El proyecto se desarrolló en 6 fases: Reconocimiento del lugar y vías de estudio, documentación, trabajos de campo (recolección de información), ensayos de laboratorio, análisis de resultados para determinar y establecer las causas de estos deterioros y determinación de algunas alternativas de solución.

El soporte teórico fue consultado en Internet, manuales y ensayos del INVIAS y libros relacionados con el tema. Dentro del conjunto de ensayos de laboratorio realizados en este trabajo están los ensayos de humedad (INV E-122), granulometría (INV E-123), límite líquido (INV E-125), límite plástico (INV E-126) y ensayo de Penetrómetro Dinámico de Cono en aplicaciones de pavimentos a poca profundidad (INV E 172).

Los estudios y ensayos realizados, muestran los diferentes deterioros en las vías, la baja resistencia en la losa de pavimento rígido, la capacidad de soporte en el rango de baja o regular de la subrasante, determinando el mal estado en el que se encuentran cada una de las vías estudiadas, y la necesidad de generar alternativas de solución que eviten la presencia de deterioros y posterguen la vida de los pavimentos.

INTRODUCCIÓN

Preservar la red vial existente en la ciudad de Ocaña, es de suma importancia y más que eso, es responsabilidad de los ingenieros brindar métodos que permitan cumplir con esta misión, por esto se pretende realizar un diagnóstico a la red vial de algunos de los barrios de la comuna 6 de Ocaña permitiendo realizar un levantamiento del estado actual del pavimento, cuantificar los daños e indicar la reparación conveniente desde el punto de vista técnico de acuerdo con las especificaciones generales de construcción del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

Los deterioros constante de las vías el cual es generado principalmente por los agentes climáticos que afectan nuestra región, las infiltraciones en el sistema de redes de agua potable y alcantarillados, la falta de mantenimiento por parte de la administración pública, el ingreso de vehículos para los cuales no fueron diseñadas las vías. Conllevan a que los deterioros evolucionen hasta un punto que la vía deja de ser transitable afectando notablemente la economía del sector y por ende la del municipio.

Se pretende estudiar los daños más comunes encontrados en la calle 4 del barrio dos de octubre, calle 5, calle 5A, calle 6, la carrera 45 del barrio santa clara, y Carrera 48 entre la calle 6 y calle 8 del barrio Villa Paraíso, realizando actividades de campo y de laboratorio tales como: inspección visual, extracción de núcleos de concreto, ensayo con el penetrómetro dinámico de cono (PDC), conteo vehicular, resistencia a la estructura actual del pavimento, obtención de humedades, granulometría, límites de consistencia. Con el fin de estudiar las causas que conducen a la presencia de estos deterioros en las respectivas vías, determinando el porcentaje de área afectada, estableciendo el tipo de daño que representa, su extensión y severidad, y así establecer las alternativas de reparación más adecuadas para cada tipo de deterioro y de esta forma contrarrestar los factores que generan estos daños.

Esta investigación es realizada con la finalidad de ser base a la construcción de conocimiento a estudiantes y profesionales, que en un futuro utilicen este proyecto como guía para la realización de un diagnostico en vías de concreto hidráulico.

1. DIAGNOSTICO DE LA RED VIAL DE LOS BARRIOS SANTA CLARA, DOS DE OCTUBRE Y VILLA PARAÍSO DEL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El constante crecimiento demográfico en la ciudad de Ocaña Norte de Santander da lugar a problemas que requieren solución. Esta investigación, se origina a raíz del crecimiento poblacional, que genera tránsito vehicular intenso, dando paso al deterioro constante de las vías, como lo muestra la figura No.1; generado principalmente por los agentes climáticos que afectan nuestra región, las infiltraciones en el sistema de redes de agua potable y alcantarillados, la falta de mantenimiento por parte de la administración pública, el ingreso de vehículos para los cuales no fueron diseñadas las vías, las cuales no satisfacen las necesidades del usuario.

La vialidad actual presenta deficiencias, generando varios problemas como congestión vehicular, desgaste en los vehículos, afectación en las redes de agua potable y alcantarillado, incomodidad a la comunidad, conductores y transeúntes que por ella circulan.

El no controlar los procesos constructivos de la estructura del pavimento, los sistemas de redes de agua potable y alcantarillado, y el mantenimiento adecuado a las vías en estudio podría repercutir en que la red vial se vea afectada, al igual que el desarrollo socioeconómico de la región.

En este proyecto se pretende determinar el estado en que se encuentran las vías en estudio, por medio de la determinación del tráfico actual (TPDs), la evaluación superficial, funcional y estructural del pavimento.

Figura No.1 Estado actual de las vías en estudios



Fuente: Autores, 2014.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El diagnóstico de la red vial de los barrios Santa Clara, Dos de Octubre y Villa paraíso del municipio de Ocaña Norte de Santander puede determinar el estado actual del sistema?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General. Realizar un diagnóstico de las redes viales de los barrios Santa Clara, Dos de Octubre y Villa Paraíso del municipio de Ocaña Norte de Santander.

1.3.2 Objetivos Específicos. Realizar una inspección visual a las redes viales de los barrios en estudio.

Realizar ensayos de resistencia a la estructura actual del pavimento de las vías en estudio.

Determinar la capacidad de soporte de la subrasante (CBR) de las vías en estudio.

Determinar el tránsito promedio diario semanal (TPDs) de los barrios en estudio.

Realizar propuestas de mejoramientos para las vías en estudios.

Elaborar un presupuesto general para las alternativas de solución.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Actualmente, las vías principales de los barrios Santa Clara, Dos de Octubre y Villa Paraíso, se encuentran en estado crítico, debido a que presentan diversos deterioros en la estructura del pavimento, como baches, grietas tipo piel de cocodrilo, levantamiento de losas, asentamiento de losas, grietas longitudinales y de esquina, entre otras, lo cual genera demoras en su recorrido, daño a los vehículos que por ella transita y afectación a las casas aledañas, representando un problema para los conductores, transeúntes y habitantes del sector.

Esta investigación está enfocada en los factores que influyen en el mal estado de las vías principales de los barrios en estudios y la inconformidad que genera en los conductores, habitantes y transeúntes, y de esta forma realizar una propuesta de mejoramiento para que las vías de la zona urbana den un ambiente propicio y una imagen favorable a la ciudad de Ocaña.

Los habitantes del sector son los beneficiarios directos ya que si se mejora la vialidad en estos barrios, mejoraría la economía, tendrían mayor facilidad de transporte no solo público sino privado y los peatones más seguros de transitar por estas vías.

Este proyecto es factible porque se cuenta con el soporte teórico necesario, el apoyo por parte de la universidad francisco de paula Santander Ocaña, que siempre se hace presente

ante las necesidades que padece la ciudad, y por parte de los autores de la propuesta hay mucho interés y predisposición para determinar los factores que influyen en el deterioro de las vías y así dar a conocer la incidencia que trae el mal estado de las vías en estudio.

1.5 DELIMITACIONES

1.5.1 Delimitación Geográfica. El proyecto se llevara a cabo en la ciudad de Ocaña ubicado en la zona noroccidental del departamento de Norte de Santander. La cual cuenta con una extensión de 8,24 Km² con unas coordenadas geográficas de 8° 14' 15 N 73° 2' 26 O. y se ejecutara en la comuna 6 en los barrios Santa Clara, Dos de Octubre y Villa Paraíso como lo indica la figura 2, comprendidos en las vías:

Vía 1: Calle 4 barrio Dos de Octubre, referenciada con la línea roja.

Vía 2: Calle 5 barrio Santa Clara, indicada con la línea azul.

Vía 3: Calle 5A barrio Santa Clara, señalada con la línea naranja.

Vía 4: Calle 6 barrio Santa Clara, delimitada por la línea amarilla.

Vía 5: Carrera 45 barrio Santa Clara, referenciada con la línea verde.

Vía 6: Carrera 48 entre la calle 6 y calle 8 barrio Villa Paraíso, indicada con la línea morada.

Figura 2. Localización y Señalización geográfica de la zona de estudio.



Fuente: Mapa base rural PBOT Ocaña 2014 – Google earth

1.5.2 Delimitación Temporal. Esta investigación se llevara a cabo en un periodo de 4 meses en el cual se desarrollaran las actividades necesarias.

1.5.3 Delimitación Conceptual. Para identificar las vías principales, se necesita la utilización de conceptos como: Plan de ordenamiento territorial (PBOT), tránsito promedio diario semanal (TPDs), Rutas del servicio público, tipos de deterioros en pavimento rígido, ensayos para pavimentos rígidos.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO HISTÓRICO¹

La tecnología vial o conjunto de conocimientos propios del arte de construir carreteras data de varios miles de años y en la antigüedad tuvo su esplendor durante el Imperio Romano, cuya excelente red de caminos de 80.000 Km fue base fundamental de su gran poderío.

Las vías romanas, que aún existen 2.300 años después de construidas, permiten verificar que los constructores de la época conocían los efectos nocivos del agua atrapada. Para evitarlos, construyeron sus vías como estructuras de drenaje libre y así garantizaban el rápido retiro de la totalidad del agua que ingresaba e impedían su acumulación indeseable.

Este sano criterio se aplicó hasta finales de la década de los años cincuenta del siglo pasado, cuando se reemplazó por un nuevo principio, según el cual, las estructuras bajo los pavimentos en lugar de contar con adecuadas condiciones de drenaje interno, debían presentar alta resistencia mecánica e impermeabilidad. En otras palabras, se impuso la idea de aumentar la densidad de los materiales utilizados en la construcción de las sub-base y bases, e impedir mediante carpetas impermeables el ingreso del agua a la estructura.

Con este criterio se diseñan la mayoría de los pavimentos hoy en día y, sin embargo, muchos fallan prematuramente porque su análisis descansa en supuestos que van en contravía de lo que debería enseñar el verdadero estado de desarrollo del arte de la construcción de vías.

Varias investigaciones de campo han permitido establecer que el agua atrapada en la estructura de un pavimento, acelera las tasas de daño en forma dramática y que la mayor fuente de entrada de agua en al menos el 90% de los casos es la infiltración a través de la carpeta. Infortunadamente, la mayoría de los diseñadores desconocen este hecho y esta omisión conduce a la pérdida de miles de millones de pesos cada año y a un escandaloso desperdicio de materiales.

El investigador norteamericano Harry R. Cedergren, autor de libros sobre drenaje geotécnico y de pavimentos, realizó en 1973 una extensa investigación de los daños causados por el agua en los pavimentos de Estados Unidos, para la Administración Federal de Carreteras y para el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de ese país, en la que concluyó que aquellos bien drenados duran por lo menos tres o cuatro veces más que los pobremente drenados.

Con base en sus observaciones de campo y en principios geotécnicos hasta ahora inobjectables, Cedergren y la Administración Federal de Carreteras de los Estados Unidos

¹ MALAGÓN, Alfredo. Materiales y Construcción. Construdata. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 22 de febrero de 2014]. Disponible en internet en: <http://www.construdata.com/BancoConocimiento/P/pavimentosdrenados/pavimentosdrenados.asp>

recomiendan tomar todas las medidas disponibles para disminuir el ingreso del agua a la estructura bajo los pavimentos. Sin embargo, aceptando que es virtualmente imposible impedir una cierta infiltración del agua a través de las carpetas, consideran necesario tomar medidas efectivas para retirarla rápidamente.

Prácticamente ningún pavimento en Colombia cumple la vida de servicio establecida por el diseño. Una de las principales causas del deterioro prematuro de los pavimentos en el país es el agua atrapada en las bases y sub-bases, porque en condiciones de inundación interna se anula su función estructural, lo que conduce a la falla del suelo de subrasante.²

Aunque en Colombia se realizan algunos esfuerzos en la investigación vial, las normas, los métodos de diseño y la construcción de carreteras, suelen desprenderse de las prácticas implementadas por las naciones más desarrolladas y esto ocurre porque, infortunadamente, el país no cuenta con el presupuesto ni la cultura que se requieren para adelantar investigaciones en la medida necesaria para crear una verdadera tecnología autóctona.

En consecuencia, los pavimentos en Colombia se han construido con las mismas carencias observadas por Cedergren y, por supuesto, su patología es similar. Claro que el estado de las vías no es comparable con el de las vías norteamericanas porque entre otras razones, la limitación presupuestal impide acometer su reparación oportuna.

Sin embargo, es precisamente esa limitación presupuestal la que debería obligar a tomar medidas efectivas para extender la durabilidad de las vías colombianas, aunque se haga necesario realizar una inversión adicional durante la construcción en sistemas de drenaje, pues este esfuerzo extra se recuperaría varias veces a lo largo de su vida de servicio.

Una fuente importante de transferencia tecnológica se produce gracias al esfuerzo comercial de la industria. En efecto, las empresas productoras de cementos asfálticos y de tipo Pórtland adelantan campañas permanentemente para transmitir conocimiento, que influyen notoriamente en la toma de decisiones de los ingenieros y, por ende, de las entidades públicas encargadas de las vías del país.

Si bien todo tipo de transferencia tecnológica es en principio benéfica para el país, es necesario que los ingenieros analicen críticamente las recomendaciones recibidas. En primer lugar, porque hace parte del deber profesional y en segundo lugar, porque los intereses de la industria no siempre coinciden con los del país que, a su vez, confía en el buen criterio de sus ingenieros cuando pone a su disposición considerables cantidades del dinero de los contribuyentes.

La paradoja es clara: al país le conviene comprar la menor cantidad de materiales mientras que a la industria le conviene vender la mayor cantidad posible. Y para los ingenieros, ¿qué es conveniente? Indudablemente adoptar una política de calidad, que permita ofrecer al cliente –generalmente el Estado- el mejor producto al menor costo.

² Ibid., p.12

2.2 MARCO CONTEXTUAL

El desarrollo de la investigación se llevara a cabo en la comuna 6, de la ciudad de Ocaña, Norte de Santander Colombia, donde se estudiara el deterioro del pavimento rígido y se realizara el diagnostico de las mismas.

2.3 MARCO CONCEPTUAL³

Deterioro: Alteración producida en la superficie de un pavimento, detectable visualmente y producida por un defecto constructivo o por la acción del tránsito y/o de las acciones climáticas.

Pavimento: Estructura constituida por un conjunto de capas superpuestas, de diferentes materiales, adecuadamente compactados, que se construyen sobre la subrasante con el objeto de soportar las cargas del tránsito durante un período de varios años, brindando una superficie de rodamiento uniforme, cómoda y segura.

Permeabilidad: Facilidad o dificultad con que el agua fluye a través de los poros del suelo.

CBR: Acrónimo en inglés del ensayo de Relación de Soporte de California y del valor de resistencia que se obtiene al ejecutarlo.

Red vial: Conjunto de carreteras que pertenecen a la misma clasificación funcional (Nacional, Departamental o Regional y Vecinal o Rural).⁴

Vías Urbanas: Espacio destinado al tránsito de vehículos y/o personas que se encuentra dentro del límite urbano, clasificándose según su funcionalidad en vías expresas, arteriales, colectoras y locales.

ESALs: Es el número de aplicaciones de cargas por Eje Estándar, previsto durante el Período de Diseño⁵.

³ SANCHEZ SABOGAL, Fernando. Glosario de Ingeniería de Pavimentos (2005) (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 22 de febrero de 2014]. Disponible en internet en: http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/pag_glosario/Glosario/

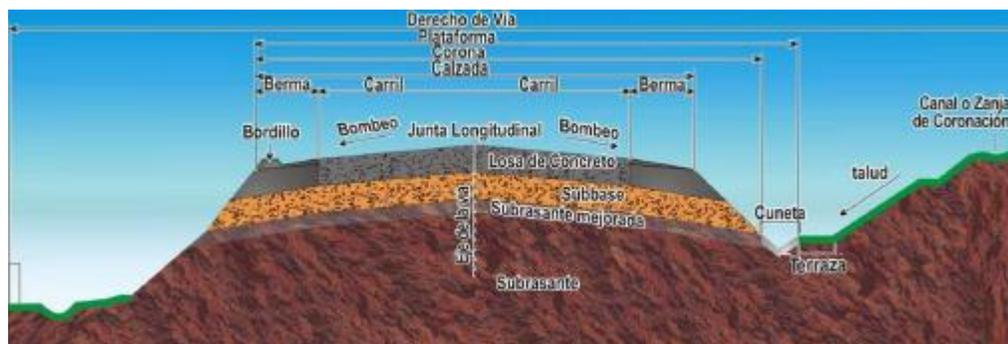
⁴ REPSOL Glosario de Términos.. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 22 de febrero de 2014]. Disponible en internet en: http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/peasfaltos/glosario/default.aspx

⁵ CE. 010 Norma Técnica de Edificación – Pavimentos Urbanos. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 22 de febrero de 2014]. Disponible en internet en: <http://www.slideshare.net/ruivanz1985/ce010-pavimentos-urbanos>

2.4 MARCO TEÓRICO⁶

2.4.1 Pavimento Rígido. La figura 3 muestra una sección típica de un pavimento rígido; el cual está constituido por una losa de concreto hidráulico, apoyado sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido (Figura 2). Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además, como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento.

Figura 3. Sección típica de un pavimento rígido



Fuente: Ministerio de Transporte de Colombia, 2007.

2.4.1.1 Elementos que Integran un Pavimento Rígido. Subrasante. Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño. El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante.⁷

⁶ MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LA RED VIAL SECUNDARIA, Pavimentada y en Afirmado. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 22 de febrero de 2014]. Disponible en internet en: <http://web.mintransporte.gov.co/pvr/images/stories/documentos/>

⁷ ARROYO HILTON, N. Francia. Diseño y Conservación de Pavimentos Rígidos. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 22 de febrero de 2014]. Disponible en internet en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/504/A6%20Dise%C3%B1o%20de%20Pavimentos%20R%C3%ADgidos.pdf?sequence=6>

Subbase. Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase. La subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares. Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si éste no dispone de una subrasante o subbase adecuada. Esta capa de material se coloca entre la subrasante y la capa de base, sirviendo como material de transición, en los pavimentos flexibles.

Superficie de rodadura. Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base. En general, se puede indicar que el concreto hidráulico distribuye mejor las cargas hacia la estructura de pavimento.

Tipos de Pavimentos Rígidos. Concreto hidráulico simple. No contiene armadura en la losa y el espaciamiento entre juntas es pequeño (entre 2.50 a 4.50 metros o 8 a 15 pies). Las juntas pueden o no tener dispositivos de transferencia de cargas (dovelas).⁸

Concreto hidráulico reforzado. Tienen espaciamientos mayores entre juntas (entre 6.10 y 36.60 metros o 20 a 120 pies) y llevan armadura distribuida en la losa a efecto de controlar y mantener cerradas las fisuras de contracción.

Concreto hidráulico reforzado continuo. Tiene armadura continua longitudinal y no tiene juntas transversales, excepto juntas de construcción. La armadura transversal es opcional en este caso. Estos pavimentos tienen más armadura que las juntas armadas y el objetivo de esta armadura es mantener un espaciamiento adecuado entre fisuras y que éstas permanezcan cerradas.

2.4.2 Diagnóstico del Estado del Pavimento. Mediante el diagnóstico del estado del pavimento se puede revisar de manera general la funcionalidad de la vía, actividad que permite detectar las necesidades de mantenimiento obligatorias para la reducción o eliminación de los daños, que afectan la comodidad del usuario y/o acortan la vida útil de la estructura.⁹

⁸ ALTAMIRANO KAUFFMANN, Luis F. Deterioro de Pavimentos Rígidos (2007) (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 22 de febrero de 2014]. Disponible en internet en: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/deterioro-pavimentos-rigidos/deterioro-pavimentos-rigidos.pdf>

⁹ Ibid., p.15

Para cada uno de los tipos de pavimentos, se describen detalladamente los daños más frecuentes en la estructura del pavimento, incluidos la descripción del daño, sus posibles causas, la severidad, la forma de realizar su medición y la intervención recomendada de acuerdo con su severidad. De esta forma, se pretende facilitar la identificación de los daños durante la inspección vial.

Los deterioros de pavimentos que se incluyen en este manual se han agrupado en dos categorías: deterioros de superficie y deterioros de la estructura. Se debe tener en cuenta que los daños que se presentan en las bermas dependen del recubrimiento de las mismas, es decir: en concreto hidráulico, asfáltico o afirmado. Bajo este escenario, las actividades de diagnóstico, mantenimiento periódico y rutinario de las bermas son similares en pavimentos flexibles, rígidos y en afirmado. Para el registro de los daños en la calzada y las bermas, se cuenta con el siguiente formato:

Formato para la inspección de daños en pavimento rígido expuesto por el INVIAS (2007): F-P-02.

2.4.3 Preparación Del Terreno Para Construir Una Estructura De Pavimento Rígido.

Para construir correctamente un pavimento de concreto, es muy importante considerar una serie de pasos al preparar el terreno, proceso conocido como diseño y construcción de las subrasantes:¹⁰

Compactación de los suelos, de esta forma se garantiza un apoyo uniforme y estable para el pavimento.

Fijado de la rasante, consiste en la excavación de zanjas laterales, lo suficientemente profundas para aumentar la distancia vertical entre el nivel freático y el pavimento.

Uniformado del terreno en zonas donde se tengan cambios bruscos en sentido horizontal del tipo de suelo.

Nivelación selectiva de la rasante en zonas de terraplén, a fin de colocar los mejores suelos cerca de la parte superior de la elevación de la subrasante.

En ocasiones será necesario colocar una capa de material inmediatamente abajo del contacto con el pavimento de concreto, el cual se conoce como sub-base. Las sub-bases se pueden elaborar con materiales granulares, permeables y de tamaño uniforme. Su uso es especialmente recomendable en rutas de tránsito pesado, sobre todo en grandes aeropuertos, carreteras y vialidades primarias.

2.4.4 Proceso de Pavimentación en una Estructura de Pavimento Rígido. Conformar terracerías con respecto al trazo y niveles especificados en el proyecto. Es conveniente pedir asesoría a un laboratorio calificado en la materia para que realice revisiones

¹⁰ Ibid., p.16

periódicas de las superficies mediante, los estándares de supervisión, referentes al valor relativo de soporte (VRS) y al espesor y grado de compactación de los suelos.

El segundo paso consiste en elaborar el cimbrado, cuidando que se coloque siguiendo el alineamiento y los niveles que indique la brigada de topografía. Una vez terminado el proceso, será preciso revisar nuevamente los niveles de la cimbra con un topógrafo especializado.

Para el tendido del concreto se deberá, primero, humedecer la superficie que recibirá la mezcla, con el fin de evitar que el suelo absorba agua del concreto. Posteriormente, el material deberá esparcirse por todo lo ancho del pavimento.

Una vez colocado el concreto, se procede a elaborar el vibrado y perfilado, que consiste en acomodar las orillas pegadas a la cimbra, mediante el uso de un vibrador manual. Posteriormente, deberán insertarse las barras para sujetar al concreto, con la ayuda de un escantillón que señale exactamente la mitad del espesor. Por último, se pasará la regla vibratoria que dará el acabado final al pavimento.

El texturizado deberá efectuarse mediante el uso de una tela de yute húmeda, que será arrastrada en sentido longitudinal al pavimento. En su defecto, puede usarse pasto sintético.

Para el curado del concreto deberá emplearse una membrana de la marca y cantidad que especifique el proyecto. En el proceso de curado deberá utilizarse un aspersor manual. Este procedimiento se realizará en seguida del texturizado.

El corte de juntas se realiza con máquinas especiales que cuentan con discos de diamante y elaboran incisiones en el concreto de forma transversal y longitudinal.

La limpieza de juntas se hace mediante la inyección de agua a presión sobre las incisiones. Posteriormente se secarán los bordes con aire, se colocará un agente sellador dentro de la junta y una cintilla de respaldo.

2.4.5 Aplicaciones de los Pavimentos Rígidos. Aeropistas. En los aeropuertos, donde se demanda un mínimo de prórroga para la utilización del pavimento terminado, se ha empleado un sistema de apertura rápida; éste consiste en el colado secuencial del pavimento en la reconstrucción de pistas aéreas y plataformas.¹¹

Vialidades urbanas. La reconstrucción de vialidades urbanas se ha convertido en uno de los principales problemas, pues además del tiempo y costo, afectan al tránsito vehicular. Sin embargo, con los pavimentos de concreto de apertura rápida, estos problemas se minimizan ostensiblemente.

Zonas residenciales. El uso de pavimentos de concreto en zonas residenciales aumenta día con día, debido a la reducción del tiempo de curado en la mezcla. Se ha demostrado que lo

¹¹ Ibid., p.16

más eficiente para disminuir el cierre de accesos, es la construcción con base en cimbra deslizante a todo lo ancho de la calle. En los estacionamientos de las casas particulares, por ejemplo, se ha logrado limitar a sólo 24 horas el impedimento para que los residentes metan sus automóviles.

2.4.6 Daños en Pavimentos Rígidos. Deterioros de la superficie. En la Tabla 1 se presentan los tipos de daños encontrados en la superficie de un pavimento rígido, su descripción y el código asignado para cada uno de los daños.¹²

Tabla 1. Tipos de daños de la superficie de un pavimentos rígido

Tipo de daño	Descripción	Código
Daño en juntas	Deficiencias del sellado	DS
	Juntas desportilladas	DP
	Separación de la junta longitudinal	SJ
Daño en losa	Desintegración	DI
	Baches	BCH
	Textura inadecuada	TI
	Levantamiento localizado	LE
	Parches deteriorados	PCH

Fuente: ALTAMIRANO KAUFFMANN, Luis F. 2007.

Deficiencia del Sellado (DS). Descripción Del Daño. Deterioro del sello de las juntas. Permite la incrustación de materiales incompresibles (piedras, arenas, etc.) y/o la infiltración de una cantidad considerable de agua superficial (ver figura 4). Se considera como deficiencia del sellado cualquiera de los siguientes defectos: endurecimiento del sello, desprendimiento del sello de una o ambas paredes, fluencia del sellante fuera de la caja, carencia total del sello, incrustaciones de material extraño y crecimiento de vegetación.

Figura 4. Deficiencia del sellado



Fuente: ALTAMIRANO 2007.

¹² Ibid., p.15

Juntas Desportilladas (DP). Descripción Del Daño. La figura 5 indica la desintegración de las aristas de una junta, longitudinal o transversal o una grieta, con pérdida de trozos que puede afectar hasta 500 mm dentro de la losa.

Figura 5. Juntas desportilladas



Fuente: ALTAMIRANO 2007.

Sus posibles causas del deterioro son:

Debilitamiento de los bordes de la junta debido a un vibrado excesivo u otro defecto de construcción.

Penetración de partículas incompresibles dentro de la caja de una junta de una grieta activa.

Separación de la junta longitudinal (SJ). Descripción Del Daño. Consiste en la abertura en la junta longitudinal del pavimento mayor a 13 mm, como lo indica la figura 6.¹³

Figura 6. Separación de la junta longitudinal



Fuente: ALTAMIRANO 2007.

Sus posibles causas del deterioro son:

Ausencia de barras de acero de amarre entre carriles adyacentes.

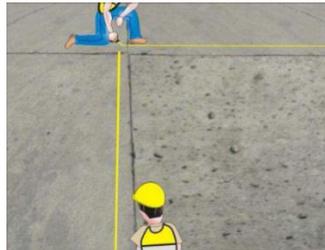
¹³ Ibid., p.15

Desplazamiento lateral de las losas, debido a un asentamiento diferencial en la subrasante o en la base de apoyo.

Ausencia de bermas.

Desintegración (DI). Descripción Del Daño. La figura 7 indica la desintegración progresiva de la superficie con pérdida inicial de la textura y posteriormente del mortero; deja los agregados gruesos expuestos.¹⁴

Figura 7. Desintegración



Fuente: ALTAMIRANO 2007.

Sus posibles causas del deterioro son:

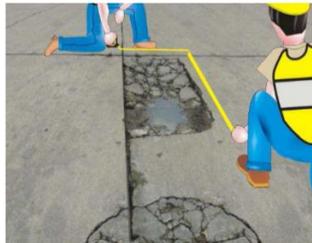
Errores en el diseño del concreto hidráulico (relativos a la dosificación y/o calidad de los materiales).

Acción del tránsito cuando la superficie presenta fisuras por retracción de fraguado (tipo malla) o falta de inclusión de aire en clima frío.

Curado inapropiado.

Baches (BCH). Descripción Del Daño. Se forma al desprenderse el concreto hidráulico de la superficie. Su diámetro varía entre 25 mm y 100 mm y la profundidad del deterioro supera los 15 mm, como lo indica la figura 8.

Figura 8. Baches



Fuente: ALTAMIRANO 2007.

¹⁴ Ibid., p.15

Sus posibles causas del deterioro son:

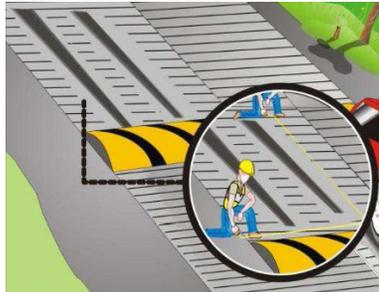
Materiales deleznable (terrones de arcilla, etc.) en el interior del concreto hidráulico.
Mala dosificación del concreto hidráulico.

Contenido de materia orgánica presente en los componentes del concreto hidráulico.

Construcción inadecuada.

Textura Inadecuada (TI). Descripción Del Daño. Carencia o pérdida de la textura superficial, necesaria para que exista una fricción adecuada entre el pavimento y los neumáticos, como lo indica la figura 9.¹⁵

Figura 9. Textura inadecuada



Fuente: ALTAMIRANO 2007.

Sus posibles causas del deterioro son:

Texturizado final inadecuado.

Concreto hidráulico mal dosificado o mala calidad de la arena.

Exceso de mortero en la superficie por segregación.

Acabado superficial del concreto hidráulico deficiente.

Levantamiento Localizado (LE). Descripción Del Daño. Levantamiento de parte de la losa, localizado a ambos lados de una junta transversal o grieta. Habitualmente el concreto hidráulico afectado se quiebra en varios trozos, como lo indica la figura 10.

Sus posibles causas del deterioro son:

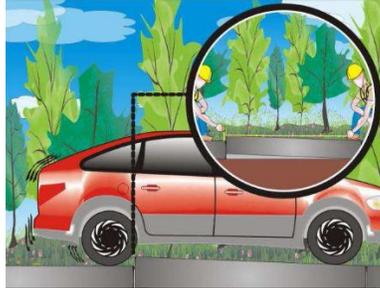
Variaciones térmicas cuando la longitud de las losas es excesiva y no cuenta con juntas de expansión.

Colocación inadecuada de barras de transferencia de cargas, en la losa.

¹⁵ Ibid., p.15

Presencia de estrato de suelos expansivos a poca profundidad.
Presencia de escombros (basura en la junta).

Figura 10. Levantamiento localizado



Fuente: ALTAMIRANO 2007.

Parches deteriorados (PCH). Descripción Del Daño. Área superior a 0,1 m² o losa completa que ha sido removida y reemplazada por un material que puede ser concreto hidráulico o mezcla asfáltica y que se encuentra deteriorada, como lo indica la figura 11.¹⁶

Figura 11. Parches deteriorados



Fuente: ALTAMIRANO 2007.

Posibles Causas Del Deterioro. En parches asfálticos: capacidad estructural insuficiente del parche o errores en su colocación. Mala construcción.

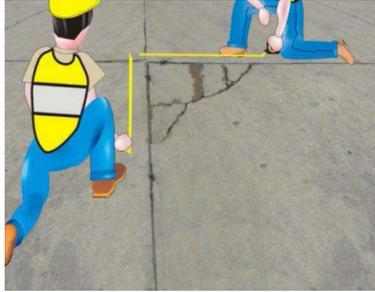
Insuficiente transferencia de carga en las juntas de contracción o mala construcción cuando el daño se ha reparado con losas nuevas de concreto hidráulico.

En parches con concreto hidráulico de dimensiones inferiores a las de la losa existente. Retracción de fraguado del concreto hidráulico del parche de tal manera que se despegó del concreto hidráulico antiguo sin que necesariamente se agriete.

Grieta De Esquina (GE). Descripción Del Daño. Consiste en grietas o fisuras que se presentan en las esquinas de las losas de concreto hidráulico, en una distancia menor o igual a la mitad de la dimensión de la losa en ambos lados, como lo indica la figura 12.

¹⁶ Ibid., p.15

Figura 12. Grieta de esquina



Fuente: ALTAMIRANO 2007.

Posibles Causas Del Deterioro. Falta de apoyo de la losa, originado por erosión de la base o alabeo térmico.

Sobrecarga en las esquinas.

Deficiente transmisión de cargas entre las juntas.

Grieta Longitudinal (GLO). Descripción Del Daño. La figura 13 muestra grietas predominantemente paralela al eje de la calzada o que se originan en una junta transversal con longitud superior a la mitad del ancho de la losa.¹⁷

Posibles Causas Del Deterioro. Asentamiento de la subbase de apoyo y/o la subrasante.

Relación largo/ancho excesiva de la losa.

Aserrado tardío de la junta transversal.

Ausencia de junta longitudinal.

Mal posicionamiento de las barras de transferencia de cargas.

Repetición de cargas.

Figura 13. Grieta longitudinal

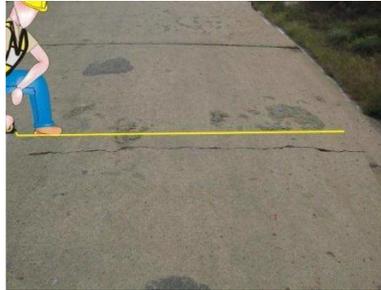


Fuente: ALTAMIRANO 2007.

¹⁷ Ibid., p.15

Grieta Transversal (GTR). Descripción Del Daño. Grietas predominantemente perpendicular al eje de la calzada, como lo indica la figura 14.¹⁸

Figura 14. Grieta transversal



Fuente: ALTAMIRANO 2007.

Posibles Causas Del Deterioro. Largo excesivo de la losa.

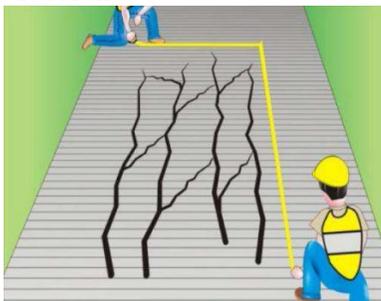
Junta de contracción aserrada o formada tardíamente.

Espesor de la losa insuficiente para soportar las solicitaciones.

Retracción térmica que origina alabeos.

Fisuramiento Por Retracción (tipo malla) (FR). Descripción Del Daño. Fisuras capilares en forma de malla que aparecen en la superficie del concreto hidráulico. Frecuentemente, las fisuras de mayores dimensiones se orientan en sentido longitudinal y se encuentran interconectadas por fisuras más finas distribuidas en forma aleatoria, como lo indica la figura 15.

Figura 15. Fisuramiento por retracción



Fuente: ALTAMIRANO 2007.

Posibles Causas Del Deterioro. Segregación del concreto hidráulico debida al exceso de vibrado durante la compactación.

Curado del concreto hidráulico inapropiado.

¹⁸ Ibid., p.15

Exceso de amasado superficial durante el acabado del concreto hidráulico, lo que genera el avance de la pasta de cemento y de la fracción más fina hacia la superficie.

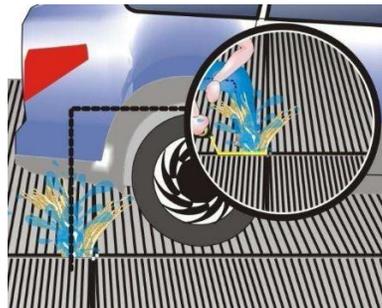
Adición de agua durante el alisado de la superficie.

Acción del clima o de productos químicos en un concreto hidráulico de mala calidad, en zonas de clima frío (en las que se presentan heladas).

Presencia o Emanación De Finos (bombeo) (PE). Descripción Del Daño. Expulsión de agua mezclada con suelos finos, a través de las juntas, grietas y borde externo del pavimento, bajo el paso repetido de los vehículos. En algunos casos se forma un pequeño pozo o bache en la berma, al borde del pavimento. Normalmente el material fino se deposita alrededor de las zonas por las que fue expulsado, como lo indica la figura 16.¹⁹

Posibles Causas Del Deterioro. Presencia de agua entre el pavimento y la base. La base queda cercana a la saturación. El fenómeno se explica por el paso repetido de vehículos, especialmente los pesados, que produce un efecto de succión y luego bombeo que erosiona el material fino de la subbase.

Figura 16. Presencia o emanación de finos



Fuente: ALTAMIRANO 2007.

2.4.7 Transito Promedio Diario (TDP). Se define como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo.²⁰

2.4.7.1 Volúmenes a Futuro. Relación Entre Los Volúmenes De Tránsito Promedio Diario, Anual, Y Semanal. El comportamiento de cualquier fenómeno o suceso estará naturalmente mucho mejor caracterizado cuando se analiza todo su universo. En este caso,

¹⁹ Ibid., p.15

²⁰ CORDOBA MAQUILÓN, J. Eliécer. Ingeniería de Transito (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 22 de febrero de 2014]. Disponible en internet en: http://www.medellin.unal.edu.co/jecordob/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=25&Itemid=16

el tamaño de su población está limitado en el espacio y en el tiempo por las variables asociadas al mismo.

Con respecto a volúmenes de tránsito, para obtener el tránsito promedio diario anual, TPDA, es necesario disponer del número total de vehículos que pasan durante el año por el punto de referencia, mediante aforos continuos a lo largo de todo el año, ya sea en periodos horarios, diarios, semanales o mensuales.²¹

Muchas veces esta información anual es difícil de obtener, al menos en todas las vialidades por los costos que ello implica, sin embargo se pueden obtener datos en las casetas de cobro para las carreteras de cuota y mediante contadores automáticos instalados en estaciones maestras de la gran mayoría de las carreteras de la red vial primaria de la nación.

En estos casos, muestras de los datos sujetas a las mismas técnicas de análisis permiten generalizar el comportamiento de la población. No obstante, antes de que los resultados se puedan generalizar, se debe analizar la variabilidad de la muestra para así estar seguros, con cierto nivel de confiabilidad, que ésta se puede aplicar a otro número de casos no incluidos, y que forman parte de las características de la población.

Por lo anterior, en el análisis de volúmenes de tránsito, la media poblacional o tránsito promedio diario anual, TPDA, se estima con base en la media muestral o tránsito promedio diario semanal, TPDS, según la siguiente expresión:

$$TPDA = TPDS \pm A$$

Donde:

A = Máxima diferencia entre el TPDA y el TPDS.

El valor de A, sumado o restado del TPDS, define el intervalo de confianza dentro del cual se encuentra el TPDA. Para un determinado nivel de confianza, el valor de A es:

$$A = K E$$

Donde:

K = Número de desviaciones estándar correspondiente al nivel de confiabilidad deseado.

E = error estándar de la media

$$TPDA = TPDS \pm K \frac{S}{\sqrt{n}} \left[\sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right]$$

²¹ Ibid., p.26

2.4.8 Ensayos Para la Evaluación de Pavimentos Rígidos. Ensayo CBR (California Bearing Ratio). La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables.²²

El ensayo mide la resistencia al corte (punzonamiento) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte.

El Índice CBR es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad controladas.

Tabla 2: Índice de CBR

CBR	Clasificación cualitativa del suelo	Uso
2 - 5	Muy mala	Sub-rasante
5 - 8	Mala	Sub-rasante
8 - 20	Regular - Buena	Sub-rasante
20 - 30	Excelente	Sub-rasante
30 - 60	Buena	Sub-base
60 - 80	Buena	Base
80 - 100	Excelente	Base

Fuente: FERNÁNDEZ 2007.

Los valores del Índice CBR oscilan entre 0 y 100. Cuanto mayor es su valor, mejor es la capacidad portante del suelo. Valores por debajo de 6, deben descartarse:

El ensayo CBR (California Bearing Ratio) mide la carga necesaria para penetrar un pistón de 19,35 cm² (3 pulgadas²) a una velocidad previamente fijada (1,27 mm/min – 0,05 pulgadas/min –) en una muestra compactada de suelo después de haberla sumergido en agua durante cuatro días y de haber medido su hinchamiento (Condiciones de humedad más desfavorables), Se mide la carga necesaria para que penetre hasta 2.54 mm (0,01 pulgadas) y hasta 5,08 mm (0,2 pulgadas).

Estas cargas se expresan en % respecto a un valor en una muestra tipo de piedra machada.

²² FERNÁNDEZ, Luis M. Compactación del Suelo, Ensayos de Penetración y de Desgaste (2006 - 2007) (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 22 de febrero de 2014]. Disponible en internet en: http://www.slideshare.net/eddyespinoza92/cbr-los-angeles-29018863?qid=38c6a953-7711-4dbb-9576-33ff70c8c04b&v=qf1&b=&from_search=5

Tabla 3: Valores respectivo de carga para la penetración

Penetración (mm)	2.54	5.08
Carga Unitaria (Kg/cm ²)	70.30	105.46

Fuente: FERNÁNDEZ 2007.

$$\text{CBR} = \frac{\text{Valor del Ensayo}}{\text{Valor Tipo}} * 100$$

Generalmente, se toma el valor correspondiente a 2,54 mm.

Si el valor de CBR a una penetración de 5 mm. (0,2") es mayor, el ensayo debe repetirse. Si en un segundo ensayo se produce nuevamente un valor de CBR mayor de 5 mm de penetración, dicho valor será aceptado como valor del ensayo.

Ensayo de Resistencia a la Compresión. Para propósitos de diseño estructural, la resistencia a la compresión es el criterio de calidad. La medida de la resistencia a la compresión se efectúa por medio de ensayos normalizados. En Colombia, se utilizan los procedimientos de las normas NTC 550 y NTC 673 en donde se encuentran descritos métodos de elaboración y ensayo de los especímenes.²³

La resistencia a la compresión se mide con una prensa, que aplica carga sobre la superficie superior de un cilindro a una velocidad especificada mientras ocurre la falla. La carga a la cual falla el cilindro queda registrada, y este valor se divide por el área de la sección transversal del cilindro obteniéndose así el esfuerzo de rotura del concreto. Se toma como estándar, la resistencia máxima a la compresión a los 28 días.

Estos cilindros, son muestras tomadas del concreto en campo, y el procedimiento de elaboración de los mismos está especificado en la norma técnica NTC 550.

Ensayo de Resistencia a la flexión. Los elementos sometidos a flexión tienen una zona sometida a compresión y otra región en que predominan los esfuerzos de tracción. Éste efecto es importante en estructuras de concreto simple, como las losas de pavimentos.²⁴

La resistencia a la flexión del concreto se refiere a menudo al módulo de rotura. Comúnmente, se evalúa por medio de ensayos de flexión sobre vigas de sección cuadrada de 15 cm de lado y 50 cm de longitud. Las normas ASTM C 239 y NTC 2871 describen el procedimiento para realizar el ensayo sobre concretos convencionales cargando las vigas en

²³ GARCÍA CALDERÓN, Johana A. Determinación de la Correlación entre el Módulo de Rotura y la Resistencia a la Compresión del Concreto (caso PREVESA) (2010) (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 22 de febrero de 2014]. Disponible en internet en: http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/962/1/digital_19688.pdf

²⁴ Ibid., p.28

uno y dos puntos, respectivamente y la norma ASTM C 1018 describe el método para concretos reforzados con fibras.

Método de Diseño de Espesores de Pavimento Rígido de la PCA. El método de diseño de la Portland Cement Association, es exclusivamente un método de diseño desarrollado para pavimentos de concreto hidráulico, basado en:²⁵

Análisis comprensivo de esfuerzos en el concreto y deflexiones en las juntas del pavimento, esquinas, y bordes, por un programa de computadora de elemento finito.

Modelos y pruebas a escala verdadera como la Arlington Test y varios proyectos de investigación dirigidos por la PCA y otras agencias acerca de sub-bases, juntas y hombros de concreto.

Pavimentos experimentales sujetos a pruebas de tráfico controlado, tales como la Bates Test Road, the Pittsburg Test Highway, the Maryland Road Test, the AASHO Road Test, y estudios de pavimentos de autopistas en servicio realizado por varios departamentos de estado de transporte.

El desempeño de pavimentos construidos normalmente sujetos a tráfico normal. Además considera dos criterios de falla:

El criterio de erosión de la sub-base por debajo de las losas, el cual reconoce que el pavimento puede fallar por un excesivo bombeo (erosión del terreno de soporte de la losa de concreto) y diferencias de elevaciones en las juntas.

El criterio del esfuerzo de fatiga, el cual reconoce que el pavimento pueda fallar debido a excesivas repeticiones de carga.

Y estos asimismo relacionados por los siguientes aspectos:²⁶

Erosión.

Fatiga.

Soporte razonablemente uniforme.

²⁵ CORNEJO ALVARENGA, Néstor E., VELÁSQUEZ GALDÁMEZ William A. Análisis Comparativo Entre Métodos de Diseño de Estructuras de Pavimento Rígido [Octubre 2009] (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 22 de febrero de 2014]. Disponible en internet en: <http://209.239.118.175/biblio/tesis/Ingenieria%20civil/dise%F1o%20estructurasPAVIMENTO%20%20rigido.pdf>

²⁶ CORNEJO ALVARENGA, Néstor E., VELÁSQUEZ GALDÁMEZ William A. Análisis Comparativo Entre Métodos de Diseño de Estructuras de Pavimento

Prevención de bombeo en subbase relativamente delgada no tratada o tratada con cemento, en proyectos donde el tráfico pesado esperado sea lo suficientemente grande, causando bombeo.

Uso de un diseño de junta que proporcionará adecuada transferencia de carga; que permita el uso de selladores en las juntas de ser requeridos para la efectividad de las mismas.

Uso de un diseño de mezcla de concreto y agregados que proveerán concreto de calidad con la resistencia y durabilidad necesaria para una larga vida bajo, las condiciones de exposición actuales.

Factores de diseño del método de la PCA. El diseño de espesores se realiza basándose principalmente en cinco factores:²⁷

Resistencia a la flexión del concreto, (Módulo de ruptura, MR).

Soporte de la subrasante, o de la combinación de subbase y subrasante, (K).

Periodo de diseño.

Los pesos, frecuencias, y tipo de tráfico pesado que el pavimento soportará, (Tráfico).

Factor de seguridad para las cargas, (FS).

2.5 MARCO LEGAL

2.5.1 Normas Nacionales

Norma Técnica Colombiana NTC 2122.

Norma Técnica Colombiana NTC 673.

Norma Técnica Colombiana NTC 2871.

2.5.2 Regulaciones Estipuladas por el INVIAS

Manual Para el Mantenimiento de la Red Vial Secundaria.

Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto.

Manual Para la Inspección Visual de Pavimentos Rígidos.

²⁷ *Ibíd.*, p.32

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El proyecto está basado en una investigación de tipo descriptiva, con un esquema cuantitativo y cualitativo, en esta se describen y analizan un gran número de variables relacionadas con el tema. Con las cuales se dará a conocer las diferentes características y/o tipos de deterioros en pavimentos rígidos.

Esta investigación es de tipo cuantitativo sus resultados se expresan en porcentaje, permitiendo analizar y examinar los datos de manera científica, partiendo de valores numéricos, obtenidos de herramientas de estadística.

3.2 POBLACIÓN

Sistema vial de la ciudad de Ocaña, la cual comprende vías en concreto rígido, flexible y en afirmado.

3.3 MUESTRA

Calle 4 del barrio Dos de Octubre, Calle 5, 5A, 6 y Cra 45 del barrio Santa Clara, y la Cra 48 entre la calle 6 y 8 del barrio Villa Paraíso.

3.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

3.4.1 Fuentes Primarias: Los instrumentos que se utilizaran para recolectar la información serán la observación directa, entrevistas a los habitantes del sector, conductores y transeúntes, ensayos de laboratorios y de campo, considerando que son alternativas básicas para cumplir con los objetivos de la investigación.

3.4.2 Fuentes Secundarias: Para la recolección de información secundaria se recurrirá al uso de encuestas, de libros, revistas, cartillas, normas, información por internet, oficina de infraestructura y planeación.

3.5 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

La información recaudada se evaluará y se analizará, de forma ordenada y con objetivos precisos, de tal manera que tenga la finalidad de ser base a la construcción de conocimiento a personas que en un futuro utilicen este proyecto como guía para el Diagnostico de vías en pavimentos rígidos, facilitándoles la información necesaria que le permita estar bien documentado y agilizar en la ejecución del mismo.

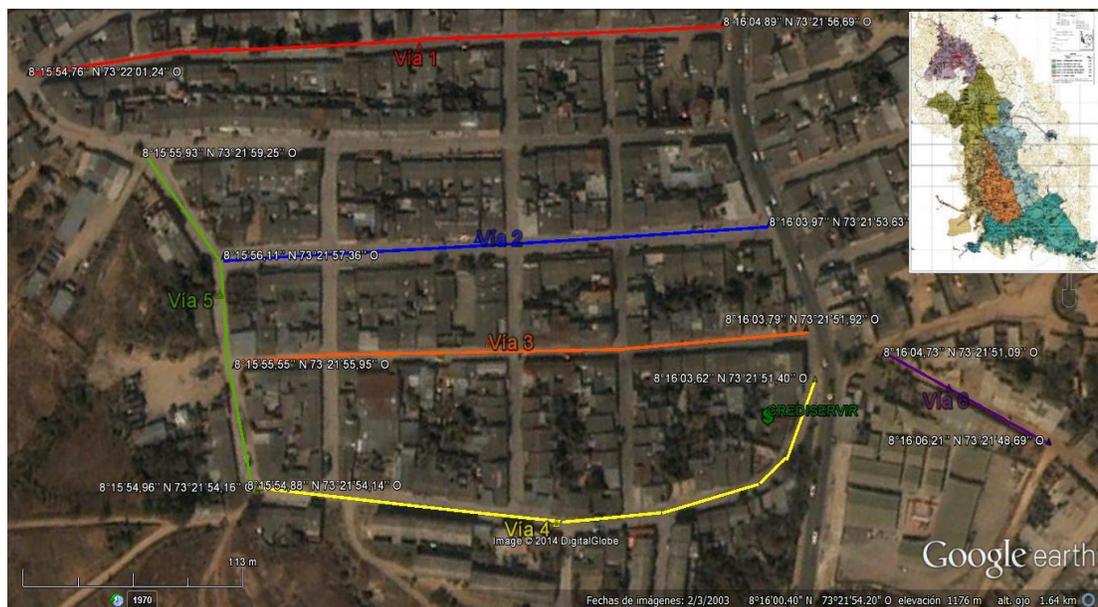
3.6 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Basándonos en la opinión de las personas encuestadas (ver anexo A), se puede decir que la zona de estudio comprende suelos arcillosos, en donde su red vial se encuentran construidas en concreto simple, con un alto grado de deterioro, producto del tráfico que por estas circulan, el mal estado de las redes de alcantarillado y agua potable, y la falta de mantenimiento de las mismas.

3.7 UBICACIÓN

La zona de estudio se encuentra ubicada en la comuna 6, al nororiente de la ciudad de Ocaña, la cual comprende (ver figura 17) la Vía 1, con coordenadas al inicio de $8^{\circ}16'04,89''$ N $73^{\circ}21'56,69''$ O y coordenadas al final de esta de $8^{\circ}15'54,76''$ N $73^{\circ}22'01,24''$ O, la Vía 2 con coordenadas al inicio de $8^{\circ}16'03,97''$ N $73^{\circ}21'53,63''$ O y coordenadas al final de esta de $8^{\circ}15'56,11''$ N $73^{\circ}21'57,36''$ O, la Vía 3 con coordenadas al inicio de $8^{\circ}16'03,79''$ N $73^{\circ}21'51,92''$ O y coordenadas al final de esta de $8^{\circ}15'55,55''$ N $73^{\circ}21'55,95''$ O, la Vía 4 con coordenadas al inicio de $8^{\circ}16'03,62''$ N $73^{\circ}21'51,40''$ O y coordenadas al final de esta de $8^{\circ}15'54,96''$ N $73^{\circ}21'54,16''$ O, la Vía 5 con coordenadas al inicio de $8^{\circ}15'55,93''$ N $73^{\circ}21'59,25''$ O y coordenadas al final de esta de $8^{\circ}15'54,88''$ N $73^{\circ}21'54,14''$ O, la Vía 6 con coordenadas al inicio de $8^{\circ}16'04,73''$ N $73^{\circ}21'51,09''$ O y coordenadas al final de esta de $8^{\circ}16'06,21''$ N $73^{\circ}21'48,69''$ O.

Figura 17. Ubicación de la zona de estudio



Fuente: Mapa base rural PBOT Ocaña 2010.

3.8 MORFOLOGÍA DEL TERRENO

Según el PBOT de 2010, la composición del suelo donde se realizó la investigación para el diagnóstico está formado por rocas sedimentarias poco consolidadas de a formación algodonol, altamente meteorizadas, la edad de la roca es plio-pleistoceno. Presentando en los estratos de la formación algodonol, los cuales por lo general son de textura media y colores café claro, café pardo, amarillo crema, beis, beis oscuro, entre otros.

3.9 GEOLOGÍA REGIONAL

A partir de las investigaciones de geología regional (INGEOMINAS, 1978, 1980 y 1994) se han definido las unidades litológicas principales y la estratigrafía existente en la Ciudad de Ocaña, cuya síntesis se presenta a continuación.

Cuaternario (Terrazas y aluviones).

Terciario. Formación Algodonal.

Jurásico Fm Girón (Complejo ígneo intrusivo, Fm Jordán (Batolito de agua blanca), Fm Bocas.

Pre-Devónico: Fm Silgará, Diorita, Fm Bucaramanga, Ortoneis.

En cuanto a la geología urbana, en Ocaña se presentan:

Terraza Aluvial. Sedimentos cuaternarios inconsolidados, que afloran en una franja paralela a los ríos Tejo, Chiquito y Drenajes menores. Sobre el río tejo la franja oscila entre 100 y 300 m, mientras que el río chiquito y los drenajes menores la franja no excede los 50 m.

Depósitos Cuaternarios Recientes: Corresponde a materiales de origen Aluvial y Diluvial, acumulados por los flujos torrenciales generados en temporadas de invierno, a lo largo de los ríos Tejo, Chiquito y Drenajes menores. Estos materiales son susceptibles de remoción permanente.

Formación Algodonal. Rocas sedimentarias pocas consolidadas y altamente meteorizadas. Afloran en la mayor parte de la superficie del área urbana. Debido a su baja consolidación, son susceptibles a los procesos erosivos. Lo anterior es acelerado por la intervención del hombre al adecuar terrenos en alta pendiente para la construcción de sus viviendas.

Complejo intrusivo – extrusivo. Compuesto por rocas ígneas félsicas, las cuales afloran en zonas de alta pendiente alrededor del perímetro Urbano, y en los cerros la Primavera y Cristo Rey; se presentan con alto grado de meteorización y son susceptibles a los procesos erosivos.

Las rocas de la Formación Algodonal y Complejo Ígneo intrusivo–extrusivo, presentes en el área urbana de Ocaña, debido a su baja consolidación y el alto grado de meteorización, son propensos a los procesos morfodinámicos caracterizados por erosión (laminar, en

surcos y cárcavas localizadas) y movimientos en masa sectorizados (flujos de lodos y detritus granulares).

3.10 GEOLOGÍA LOCAL

Saprolitos derivados del complejo ígneo intrusivo-extrusivo. Corresponden a las colinas oriente que rodean a la ciudad situadas tanto al oriente como al occidente. Los afloramientos de roca fresca son escasos y están prácticamente limitados a los cortes de la vía circunvalar y a las partes altas y de mayor pendiente de las colinas donde la cubierta de meteorización tiene menor espesor.

Saprolitos y suelos derivados de las rocas estratificadas pertenecientes a la Formación Algodonal. En general conserva la geoforma de mesas con superficie inclinada suavemente hacia el eje del valle y se encuentran rellenando las zonas topográficamente más bajas.

Depósitos aluviales asociados al río Tejo. La morfología de la parte alta del río Tejo (zona de producción de agua y sedimentos) corresponde a la de una cuenca torrencial. Existe un cambio de inclinación en el gradiente del cauce del río en la zona de Ocaña, lo que determina que allí se presenta una zona de depositación aluvial, expresado en dos terrazas aluviales y la llanura de inundación que en algunos sitios alcanza hasta 100 m de ancho. La geología local pertenece a rocas sedimentarias poco consolidadas de la formación algodonal, rocas ígneas del complejo intrusivo en su mayoría, en estado de saprolito y gris (ver figura 18).

Figura 18. Localización y formación geológica de la zona de estudio



Fuente: Mapa base rural PBOT Ocaña 2010.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 INSPECCIÓN VISUAL DEL PAVIMENTO

La contribución de información determinada por la inspección visual de la estructura del pavimento en cada una de las vías estudiadas, están consignados en el formato para el levantamiento de daños en pavimentos rígidos según el INVIAS (2006) (ver anexo B), en donde se establece el estado actual de las mismas, realizada desde el 29 de Marzo de 2014 hasta el 23 de Abril de 2014, la cual es detallada a continuación.

La tabla 4, muestra un resumen de los deterioros presentes en cada una de las vías, conformados por la desintegración (DI), baches (BCH), hundimiento (HU), grieta de esquina (GE), grieta longitudinal (GL), grieta transversal (GT), estas tres categorizadas con severidades baja (B), media (M) y alta (A), dependiendo el grado de desarrollo y por último la grieta tipo malla o grieta en bloque (GB), además se indica el área de afectación en m² para cada una de estas, y la tabla 5 representa cada uno de estos con sus respectivos porcentajes de afectación en cada una de las vías.

Tabla 4. Deterioros presentes en las vías de estudio

VÍA	DETERIORO (m ²)												
	DI	BCH	HU	GE			GL			GT			GB
				B	M	A	B	M	A	B	M	A	
1	69,67	380,1	5,2	3,0	--	9,1	2,6	5,9	29,9	6,2	4,3	21,8	1186,9
2	11,85	826,0	2,6	1,6	1,4	12,1	6,2	2,1	5,3	13,3	--	1,9	380,1
3	32,98	544,9	2,1	--	7,4	8,4	--	1,9	3,0	--	1,9	--	25,7
4	29,4	874,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	42,5
5	--	34,5	--	1,2	--	1,6	0,7	--	--	--	--	--	67,5
6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Autores, 2014

Tabla 5. Porcentajes de afectación por cada deterioro

VÍA	ÁREA TOTAL (m ²)	DETERIORO (%)							
		DI	BCH	HU	GE	GL	GT	GB	
1	1724,5	4,0	22,0	0,3	0,7	2,2	1,9	68,8	
2	1264,5	0,9	65,3	0,2	1,2	1,1	1,2	30,1	
3	628,4	5,2	86,7	0,3	2,5	0,8	0,3	4,1	
4	946,1	3,1	92,4	--	--	--	--	4,5	
5	105,5	--	32,7	--	2,7	0,7	--	64,0	
6	--	--	--	--	--	--	--	--	

Fuente: Autores, 2014

Vía 1. Esta vía en concreto rígido posee una longitud de 346,05 m, con una ancho de calzada promedio de 8,00 m, un espesor de losa de 15,35 cm, 189 losas construidas correspondientes a 2768,4 m², de las cuales 176 se encuentran afectadas, abarcando un 93% de esta. En donde el 35,99% del área afectada corresponde a una severidad alta, el 0,55% a la severidad media y el 0,42% a la severidad baja, conformadas por grietas de esquinas (GE) como lo muestra la figura 19, grietas en bloques (GB) (ver figura 20), otras de los deterioros presentes en esta vía son: grietas transversales (GT), grietas longitudinales (GL) y baches (BCH).

Figura 19. Grieta de esquina



Fuente: Autores, 2014

Figura 20. Grieta en bloque



Fuente: Autores, 2014

Vía 2. Esta vía en concreto rígido posee una longitud de 268,17 m, con una ancho de calzada promedio de 8,10 m, un espesor de losa de 15,00 cm, 129 losas construidas correspondientes a 2172,18 m², de las cuales 111 se encuentran afectadas, abarcando un 86% de esta. En donde el 25,54% del área afectada corresponde a una severidad alta, el 0,28% a la severidad media y el 0,87% a la severidad baja, conformadas por grietas transversales (GT), grietas longitudinales (GL), grietas de esquinas (GE) como lo muestra la figura 21, hundimiento (HU), baches (BCH) y grietas en bloques (GB) representada en la figura 22.

Figura 21. Grieta de esquina



Fuente: Autores, 2014

Figura 22. Grieta en bloque



Fuente: Autores, 2014

Vía 3. Esta vía en concreto rígido posee una longitud de 288,95 m, con una ancho de calzada promedio de 10,00 m, un espesor de losa de 15,00 cm, 92 losas construidas correspondientes a 2889,5 m², de las cuales 71 se encuentran afectadas, abarcando un 77% de esta. En donde el 21,70% del área afectada corresponde a una severidad alta y el 0,39% a la severidad media, conformadas por grietas transversales (GT), grietas longitudinales (GL), grietas de esquinas (GE), grietas en bloques (GB) y baches (BCH), producidas por fundaciones y capas inferiores inestables, espesores insuficientes de pavimentos, entre otros, como lo muestra la figura 23 y 24.

Figura 23. Bache



Fuente: Autores, 2014

Figura 24. Bache



Fuente: Autores, 2014

Vía 4. Esta vía en concreto rígido posee una longitud de 304,90 m, con una ancho de calzada promedio de 7,00 m, un espesor de losa de 15,20 cm, con un área total 2134,3 m², 151 losas identificadas, de las cuales 97 se encuentran afectadas y un área de 324,80 m² en donde no se identifican límites de losas, abarcando un 79,22% de esta. En donde el 42,57% del área afectada corresponde a una severidad alta y el 0,10% a la severidad baja, conformadas por hundimiento (HU), grietas en bloques (GB) y baches (BCH) representado en la figura 25 y 26.

Figura 25. Bache



Fuente: Autores, 2014

Figura 26. Bache



Fuente: Autores, 2014

Vía 5. Esta vía en concreto rígido posee una longitud de 129,28 m, con una ancho de calzada promedio de 7,00 m, un espesor de losa de 12,50 cm, con un área total de 904,96 m², 28 losas construidas, de las cuales 13 se encuentran afectadas, abarcando un 93% de

esta y un área de 708,96 m² sin pavimentar como lo indica la figura 27. En donde el 25,90% del área afectada corresponde a una severidad alta y el 0,58% a la severidad baja, conformadas por grietas de esquinas (GE), grietas longitudinales (GL), baches (BCH) y grietas en bloques (GB) representado en la figura 28.

Figura 27. Tramo sin pavimentar



Fuente: Autores, 2014

Figura 28. Bache



Fuente: Autores, 2014

Vía 6. Esta vía en concreto rígido posee una longitud de 119,45 m, con una ancho de calzada promedio de 5,80 m, con un área total de 692,81 m², 7 losas construidas y actualmente se encuentran en perfecto estado como lo muestra la figura 29 y un área de 629,30 m² se encuentran sin pavimentar representado en la figura 30.

Figura 29. Losa en perfecto estado



Fuente: Autores, 2014

Figura 30. Tramo sin pavimentar



Fuente: Autores, 2014

La auscultación visual realizada indica que las vías en estudios se encuentran en mal estado, donde la vía 1 contiene un 63,7% de afectación del área total de su extensión, la vía 2 un 58,2%, la vía 3 un 39,7%, la vía 4 un 57,9%, la vía 5 un 62,4% y la vía 6 un 90,1%, los cuales comprenden deterioros con severidades baja, media y alta.

Los deterioros más frecuentes son:

Baches (BCH), con un 57% del total de área afecta, los cuales dejan ver una desintegración de la losa de concreto, formando cavidades.

Grieta en bloque (GB), con un 36,5%, las cuales están formadas por la unión de grietas longitudinales y transversales.

Desintegración (DI), con un 3,1%, la cual deja ver los agregados gruesos debido a la pérdida constante de materiales finos.

4.2 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LOS ESPESORES DE LA CARPETA DE RODADURA

Para la realización del ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto y la extracción de núcleos de concreto se hizo necesario la documentación de las NORMAS TÉCNICAS DEL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (I.N.V. E – 410 – 07), (I.N.V. E – 418 – 07) y el montaje del mismo, los núcleos se extraerán perpendicularmente a una superficie horizontal, de manera que su eje sea perpendicular a la capa de concreto tal como se colocó originalmente y cuidando de no hacerlo en vecindades de juntas o bordes obvios del elemento construido como se muestra en la figura 31.

Las probetas tomadas en dirección perpendicular a una superficie vertical, se deberán extraer lo más cerca que sea posible del centro de la pieza y nunca cerca de juntas o bordes de ella. El ensayo de resistencia consiste en aplicar una carga axial de compresión a cilindros moldeados o a núcleos, a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla como se muestra en la figura 32.

Figura 31. Extracción de núcleos de concreto Calle 4 barrio Dos de Octubre



Fuente: Autores, 2014

Figura 32. Fin del ensayo de resistencia



Fuente: Autores, 2014

Se realizaron 31 extracciones de núcleos de concreto (ver figura 33), con el propósito de obtener una caracterización mecánica de las vías en estudio, mediante la capacidad de soporte del pavimento existente, ejecutados mediante la implementación de la norma técnica colombiana NTC-673, siguiendo las mismas referencias que se hicieron en las delimitaciones para cada una de las vías (color), las extracciones se efectuaron de la siguiente forma: 10 en la Vía 1, 5 en la Vía 2, 10 en la Vía 3, 4 en la Vía 4 y 2 en la Vía 5.

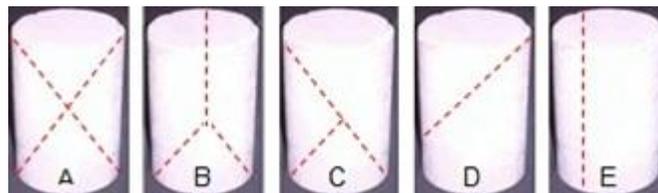
Figura 33. Localización de las extracciones de núcleos de concreto



Fuente: Google Earth, modificado por autores, 2014

La tabla 6 muestra la cantidad de cilindros ensayados, en donde se especifica el número de este, la vía y el carril donde se extrajo, altura y diámetro promedio del mismo, la carga última que soportó antes de fallar y la resistencia de este en MPa y en psi, además la clasifica según el tipo de falla referenciadas en la norma técnica colombiana NTC-673 (ver figura 34), donde la falla del tipo A corresponde a la cónica, la B a la cónica y dividida, la C a la cónica y transversal, la D a la transversal y la E a la hendidura columnar.

Figura 34. Tipos de fallas



Fuente. Laboratorio de resistencia de materiales UFPSO, 2014

Tabla 6. Resistencia obtenida por cada uno de los núcleos extraídos

Tipo de falla	Cilindro	Vía	Carril	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Carga Última (KN)	Resistencia (Mpa)	Resistencia (psi)
A	8	3	A	162,00	78,01	80,70	16,88	2448,24
B	4	1	A	142,50	78,02	107,70	22,54	3269,15
	5	1	A	157,00	78,06	74,40	15,55	2255,34
	6	1	B	140,40	77,58	103,60	21,93	3180,68
	10	1	A	132,80	77,93	72,00	14,74	2137,86
	1	2	A	149,20	77,56	69,00	14,60	2117,55
	2	3	B	167,30	78,18	81,50	16,97	2461,29
	7	3	A	132,50	78,09	25,70	5,23	758,55
	8	3	A	160,70	78,03	68,20	14,26	2068,24
C	1	1	A	150,10	77,85	105,20	22,10	3205,33
	2	1	B	159,60	78,21	55,60	11,58	1679,54
	3	1	A	145,50	77,61	122,20	25,82	3744,87
	7	1	B	115,70	77,84	84,90	17,10	2480,15
	9	1	B	138,50	78,23	134,80	27,70	4017,55
	3	2	A	82,80	77,77	92,10	17,15	2487,40
	4	2	A	153,00	77,27	112,70	24,04	3486,71
	1	3	A	143,00	77,84	109,40	22,99	3334,42
	3	3	A	163,60	77,69	72,00	15,19	2203,12
	6	3	A	127,90	78,06	54,20	11,00	1595,42
	9	3	A	108,00	77,97	46,50	9,22	1337,25
	2	5	A	120,30	78,07	60,70	12,21	1770,91
D	4	3	B	156,80	77,96	74,60	15,63	2266,94
	5	3	B	162,30	77,97	77,90	16,31	2365,57
	2	4	A	146,00	78,49	31,60	6,74	977,55
	4	4	B	159,70	78,07	56,20	11,73	1701,29
E	2	2	B	149,30	77,38	110,50	23,49	3406,94
	5	2	B	114,80	78,12	114,30	22,80	3306,86
	10	3	A	140,60	78,10	80,60	16,83	2440,99
	1	4	B	65,40	77,76	33,30	6,09	883,28
	3	4	B	146,00	77,86	86,70	18,22	2642,59
	1	5	A	130,20	78,06	120,20	24,46	3547,62

Fuente: Autores, 2014

Los resultados obtenidos mediante este ensayo de resistencia están comprendidos en el rango de 5,23 hasta 27,70 MPa, con cargas últimas aplicadas de 25,70 y 134,80 KN respectivamente, las resistencias menores a 21 MPa se debe a la mala dosificación de

mezcla empleada para la construcción de las losas de concreto, donde no se realiza el vibrado adecuado para su construcción como lo indica la figura 35, la utilización de materiales de ríos de gran tamaño como se muestra en la figura 36, permitiendo que los cilindros y por ende las losas de concreto presenten fallas prematuras. El 3,2% de las fallas obtenidas en el ensayo de resistencias fueron del tipo A, la presencia de esta se da cuando se logra una carga de compresión bien aplicada sobre un espécimen de prueba bien preparado, un 25,8% para la del tipo B, presentada en especímenes que presentan una cara de aplicación de carga convexa y deficiencias del material de refrentado o rugosidades del plato de refrentado, un 38,7% para la falla del tipo C, presentada cuando las caras de aplicación de carga del espécimen están ligeramente fuera de las tolerancias de paralelismo establecidas o por ligeras desviaciones en el centrado del espécimen con respecto al eje de carga de la máquina, un 12,9% para la del tipo D, presentada comúnmente cuando las caras de aplicación de carga se encuentran en el límite de desviación (perpendicularidad) tolerada especificada de $0,5^\circ$, y un 19,4% para la falla del tipo E, presentada en especímenes que contienen una superficie de carga convexa y deficiencia del material de refrentado.

Figura 35. Muestra mal dosificada o con carencia de vibrado



Fuente: Autores, 2014

Figura 36. Muestra con agregados inapropiados



Fuente: Autores, 2014

Los resultados de la resistencia a la estructura actual del pavimento, obtenidos durante los ensayos de campo y de laboratorio se pueden apreciar en el anexo C.

4.2.1 Caracterización Mecánica De La Subrasante. Para conocer la resistencia actual en la subrasante en cada una de las vías se realizó el ensayo con el penetrómetro dinámico de cono, para lo cual se hizo necesario la documentación de la NORMA TÉCNICA INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (I.N.V. E – 172 – 07).

El montaje del equipo y la ejecución de la toma de muestra se realizaron de la siguiente manera:

Se preparó el terreno nivelando la superficie para un excelente anclaje del equipo. Se ajustó el quipo verificando que la varilla penetrante se deslice fácilmente para no tener fricción que afecte la penetración del equipo.

Se nivela el equipo y se toma la lectura inicial antes de proceder con el ensayo como lo muestra la figura 37, para la ejecución de este, se requieren tres personas una que mantenga el equipo verticalmente, otro que manipule la pesa de 8kg y uno que tome las lecturas, registrándolas en un formato extraído de las normas técnicas del instituto nacional de vías (I.N.V. E – 172 – 07), como lo ilustra la figura 38.

Figura 37. Nivelación y toma de lectura inicial



Fuente: Autores, 2014

Figura 38. Ejecución del ensayo



Fuente: Autores, 2014

Se realizaron 36 ensayos de penetración (ver figura 39), en donde la mayor parte de estos se realizaron en las perforaciones dejadas por el ensayo de extracción de núcleo de concreto, con el fin de obtener una caracterización mecánica del suelo de cimentación de las vías en estudio, la capacidad de soporte del suelo se obtuvo mediante la realización del ensayo PDC cumpliendo la normativa del INVIAS (I.N.V.E-172-07), siguiendo las mismas referencias que se hicieron en las delimitaciones para cada una de las vías (color), los ensayos con el PDC se distribuyeron de la siguiente forma: 11 en la Vía 1, 7 en la Vía 2, 8 en la Vía 3, 4 en la Vía 4, 3 en la Vía 5 y 3 en la Vía 6.

La tabla 7 representa a la exigida por la norma I.N.V. E – 172 – 07 del Instituto Nacional de Vías, para el cálculo del CBR utilizando el penetrómetro dinámico de cono, en donde se aprecia el número de caídas previamente seleccionado para el tipo de suelo (5 golpes para suelo blandos), la penetración acumulada, la penetración por golpes, el factor del martillo (1 para el martillo de 8 kg), el índice de PDC el cual resulta de multiplicar la penetración por golpes con el factor martillo, con este valor se obtiene el CBR para cada penetración, y por ultimo un CBR de 7,4% para el sondeo de la vía indicada, el cual es el promedio de todos CBR por cada penetración. Y la tabla 8 muestra el CBR para cada uno de los sondeos realizados en cada una de las vías.

Figura 39. Localización de los sondeos realizados con el PDC



Fuente: Google Earth, modificado por autores, 2014

Tabla 7. Obtención del CBR por medio del penetrómetro dinámico de cono

Proyecto: Diagnostico de vías principales en la comuna 6	Fecha: Mayo 7/2014
Localización: VÍA 1 - Sondeo 1	Personal: Autores del Proyecto
Profundidad del punto cero bajo la superficie: 204	Peso del martillo: 8 kg
Clasificación del material: ML	Tiempo: Predicción 25 °C
Condición del pavimento: No aplica	Nivel freático: Desconocido

Numero de golpes	Penetración acumulada	Penetración entre lecturas	penetración por golpes	Factor del martillo	Índice PDC mm/golpe	CBR %	Humedad
0	204	-----	-----	-----	-----	-----	
5	279	75	15	1	15	14	
5	401	122	24	1	24	8	
5	579	178	36	1	36	5	
5	770	191	38	1	38	5	
5	960	190	38	1	38	5	
FIN					Prom. C.B.R	7,4	

Fuente: Autores, 2014

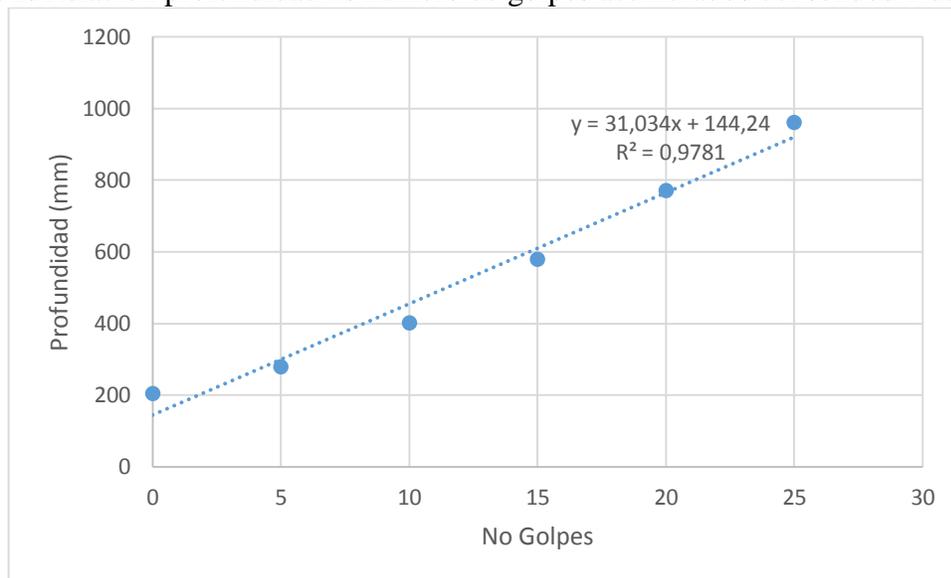
Tabla 8. Obtención del CBR por medio del penetrómetro dinámico de cono

VÍA	CBR (%)										
	SONDEO										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	7,4	7,1	11,5	9,1	16,2	25	34,3	19,3	8,7	19,3	9
2	6,1	12,5	16,1	33,8	13,5	14,1	4,2	--	--	--	--
3	5,4	5	7,6	8,7	5,9	32,2	4,7	11,9	--	--	--
4	9,9	17,5	18,6	13	--	--	--	--	--	--	--
5	7,3	22,5	15,7	--	--	--	--	--	--	--	--
6	26,2	7	13,9	--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Autores, 2014

La grafica 1, indica la relación profundidad vs número de golpes acumulado, para el sondeo 1 de la vía indicada, en la cual se representa el desarrollo del sondeo, mostrando la lectura inicial de 204 mm y así de esta forma ilustrando cada lectura hasta llegar a la final del ensayo a una profundidad de 960 mm, para un total de golpes acumulados de 25.

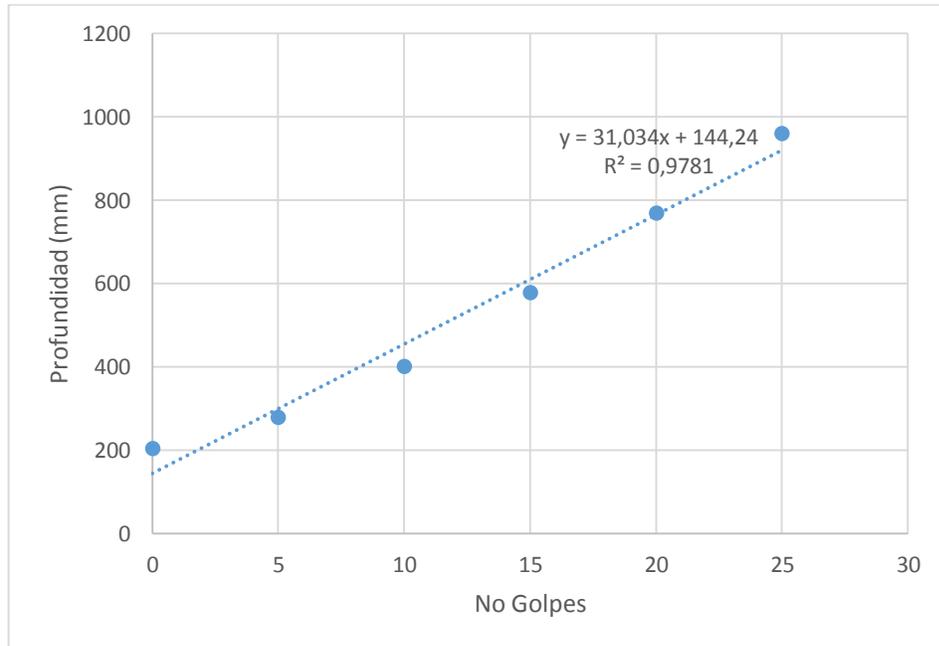
Grafica 1. Relación profundidad vs número de golpes acumulados del sondeo 1 de la Vía 1



Fuente: Autores, 2014

Los resultados de CBR obtenidos en las vías, mediante el ensayo de penetrómetro dinámico de cono, arrojaron valores comprendidos entre 7 y 14%, indicando que las vías constan de subrasantes con clasificaciones cualitativas regulares y malas, corroborando los datos arrojados por los ensayos de caracterización física, este ensayo de PDC deja ver los diferentes estratos presentes en el suelo, determinados mediante un cambio de pendiente, la gráfica 2 muestra la representación de una muestra con un solo estrato de suelo debido a que no hay cambio de pendiente.

Grafica 2. Relación profundidad vs número de golpes acumulados del sondeo 2 de la Vía 1



Fuente: Autores, 2014

Los resultados de la capacidad portante de la subrasante obtenidos durante los ensayos de campo se pueden apreciar en el anexo D.

4.2.2 Caracterización Física De La Subrasante. Se realizaron 16 apiques como lo indica la figura 40, con el fin de obtener la caracterización física de los suelos de las vías en estudios, mediante la realización de los ensayos de contenido de humedad, análisis granulométrico y límites de atterberg, regulados por las normas, I.N.V.E-122-07; ASTM D 2216-98, I.N.V.E-123-07; ASTM D 422-63; AASHTO T 88-00 (2004), I.N.V.E-125-07; AASHTO T 89-02; ASTM D 4318-00, I.N.V.E-126-07; AASHTO T 90-00 (2004); ASTM D 4318-00, siguiendo las mismas referencias que se hicieron en las delimitaciones para cada una de las vías (color), los apiques se distribuyeron de la siguiente forma: 3 en la Vía 1, 3 en la Vía 2, 3 en la Vía 3, 3 en la Vía 4, 2 en la Vía 5 y 2 en la Vía 6.

El aporte de información específica del estudio de suelos establece un perfil litológico desde el nivel 0,00 m (superficie) hasta una profundidad de 0,80 m para todas las vías en estudio, realizados desde el 10 de Junio de 2014 hasta el 18 de Junio de 2014, los cuales son descritos a continuación.

Figura 40. Localización de los apiques realizados

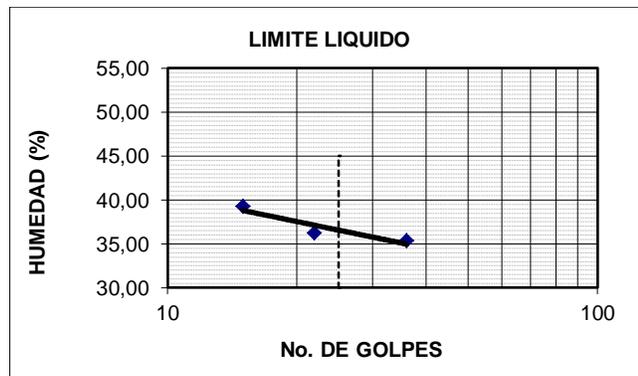


Fuente: Google Earth, modificado por autores, 2014

La tabla 9 resume la caracterización física de los suelos de las vías en estudio, en donde se muestra la vía, el número de apiques realizados en la misma, la profundidad del sondeo, la clasificación por el método de SUCS y el de la AASHTO, donde ML corresponde a suelos limosos de baja plasticidad, SC a arenas arcillosas, CL suelos arcillosos de baja plasticidad, A-7-6 y A-6 a suelos arcillosos, A-2-6 a una arena limosa o arcillosa, y el número que encierra el paréntesis indica el índice de grupo, además muestra el límite líquido del mismo (LL), límite plástico (LP), índice de plasticidad (IP) y la humedad.

La grafica 3 Indica que aun número de 25 golpes se encuentra un límite líquido de 36,57% para el apique 3 de la vía 2.

Grafica 3. Calculo del límite líquido para el apique 3 de la Vía 2



Fuente: Autores, 2014

Tabla 9. Clasificación y parámetros de las muestras

VÍA	APIQUE No	PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACIÓN		LL (%)	LP (%)	IP (%)	HUMEDAD (%)
			SUCS	AASHTO				
1	1	0,0 - 0,8	ML	A-7-6 (8)	41,28	26,11	15,17	20,02
	2	0,0 - 0,8	SC	A-7-6 (2)	44,85	25,13	19,72	17,63
	3	0,0 - 0,8	CL	A-7-6 (11)	44,77	21,16	23,61	25,97
2	1	0,0 - 0,8	SC	A-6 (4)	37,56	19,77	17,79	28,17
	2	0,0 - 0,8	SC	A-2-6 (1)	34,42	15,91	18,51	13,71
			SC	A-2-6 (1)	35,6	18,33	17,27	13,71
3	0,0 - 0,8	CL	A-6 (6)	36,57	21,15	15,42	27,04	
3	1	0,0 - 0,8	CL	A-6 (7)	33,58	21,66	11,92	35,88
	2	0,0 - 0,8	CL	A-6 (8)	32,84	20,79	12,05	50,3
	3	0,0 - 0,8	CL	A-6 (5)	31,93	20,71	11,22	36,96
4	1	0,0 - 0,8	SC	A-7-6 (0)	36,22	23,3	12,92	14,63
	2	0,0 - 0,8	SC	A-6 (1)	33,8	20,58	13,22	15,6
			CL	A-7-6 (10)	40,6	17,72	22,88	15,6
3	0,0 - 0,8	SC	A-6 (5)	38,95	17,1	21,85	21,7	
5	1	0,0 - 0,8	SC	A-6 (3)	33,8	17,91	15,89	13,37
	2	0,0 - 0,8	SC	A-6 (5)	38,6	20,21	18,39	24,39
6	1	0,0 - 0,8	SC	A-2-6 (0)	32,38	19,53	12,85	16,54
	2	0,0 - 0,8	CL	A-7-6 (9)	44,11	23,74	20,37	34,62

Fuente: Autores, 2014

Vía 1. Descripción y muestreo del apique # 1 muestra 1. Se define una arcilla de color café amarillento, de moderada plasticidad e índice de expansividad media (ver figura 41). Según la AASHTO; A-7-6 (8); y según el Sistema Unificado U.S.C; ML. Se presenta una humedad natural (w) igual a 20,02%; contenido de grava: 3,16%; contenido de arena: 30,63%; contenido de finos: 66,21% y un Índice de Plasticidad igual a 15,17%.

Figura 41. Material arcilloso extraído



Fuente: Autores, 2014

Descripción y muestreo del apique # 2 muestra 1. Se define una arena arcillosa de color café claro, de moderada plasticidad e índice de expansividad media (ver figura 42). Según la AASHTO; A-7-6 (2); y según el Sistema Unificado U.S.C; SC. Se presenta una humedad natural (w) igual a 17,63%; contenido de grava: 19,89%; contenido de arena: 44,31%; contenido de finos: 35,81% y un Índice de Plasticidad igual a 19,72%.

Figura 42. Arena arcillosa extraída



Fuente: Autores, 2014

Descripción y muestreo del apique # 3 muestra 1. Se define una arcilla de color café, de alta plasticidad e índice de expansividad alto (ver figura 43). Según la AASHTO; A-7-6 (11); y según el Sistema Unificado U.S.C; CL. Se presenta una humedad natural (w) igual a 25,97%; contenido de grava: 2,10%; contenido de arena: 34,46%; contenido de finos: 63,43% y un Índice de Plasticidad igual a 23,61%.

Figura 43. Material arcilloso



Fuente: Autores, 2014

Vía 2. Descripción y muestreo del apique # 1 muestra 1. Se define una arena arcillosa de color beis oscuro, de moderada plasticidad e índice de expansividad alto (ver figura 44). Según la AASHTO; A-6 (4); y según el Sistema Unificado U.S.C; SC. Se presenta una humedad natural (w) igual a 28,15%; contenido de grava: 7,48%; contenido de arena: 48,32%; contenido de finos: 44,19% y un Índice de Plasticidad igual a 17,79%.

Figura 44. Arena arcillosa color beis



Fuente: Autores, 2014

Descripción y muestreo del apique # 2 muestra 1. Se define una arena limo arcillosa de color beis, de moderada plasticidad e índice de expansividad media (ver figura 45). Según la AASHTO; A-2-6 (1); y según el Sistema Unificado U.S.C; SC. Se presenta una humedad natural (w) igual a 13,71%; contenido de grava: 25,90%; contenido de arena: 46,15%; contenido de finos: 27,95% y un Índice de Plasticidad igual a 18,51%.

Figura 45. Levantamiento de losa de concreto



Fuente: Autores, 2014

Descripción y muestreo del apique # 2 muestra 2. Se define una arena limo arcillosa de color beis claro, de moderada plasticidad e índice de expansividad medio (ver figura 46). Según la AASHTO; A-2-6 (1); y según el Sistema Unificado U.S.C; SC. Se presenta una humedad natural (w) igual a 13,71%; contenido de grava: 19,46%; contenido de arena: 51,58%; contenido de finos: 28,96% y un Índice de Plasticidad igual a 17,27%.

Figura 46. Culminación del apique



Fuente: Autores, 2014

Descripción y muestreo del apique # 3 muestra 1. Se define una arcilla de color café pardo, de moderada plasticidad e índice de expansividad alto (ver figura 47). Según la AASHTO; A-6 (6); y según el Sistema Unificado U.S.C; CL. Se presenta una humedad natural (w) igual a 27,04%; contenido de grava: 4,82%; contenido de arena: 40,39%; contenido de finos: 54,79% y un Índice de Plasticidad igual a 15,42%.

Figura 47. Material arcilloso color café pardo



Fuente: Autores, 2014

Vía 3. Descripción y muestreo del apique # 1 muestra 1. Se define una arcilla de color café, de moderada plasticidad e índice de expansividad medio (ver figura 48 y 49). Según la AASHTO; A-6 (7); y según el Sistema Unificado U.S.C; CL. Se presenta una humedad natural (w) igual a 35,88%; contenido de grava: 2,26%; contenido de arena: 30,63%; contenido de finos: 67,10% y un Índice de Plasticidad igual a 11,92%.

Figura 48. Inicio del apique



Fuente: Autores, 2014

Figura 49. Material arcilloso



Fuente: Autores, 2014

Descripción y muestreo del apique # 2 muestra 1. Se define una arcilla de color café, de moderada plasticidad e índice de expansividad medio (ver figura 50). Según la AASHTO; A-6 (8); y según el Sistema Unificado U.S.C; CL. Se presenta una humedad natural (w) igual a 50,30%; contenido de grava: 0,88%; contenido de arena: 27,93%; contenido de finos: 71,19% y un Índice de Plasticidad igual a 12,05%.

Figura 50. Material arcilloso



Fuente: Autores, 2014

Descripción y muestreo del apique # 3 muestra 1. Se define una arcilla de color café, de moderada plasticidad e índice de expansividad medio (ver figura 51 y 52). Según la AASHTO; A-6 (5); y según el Sistema Unificado U.S.C; CL. Se presenta una humedad natural (w) igual a 36,96%; contenido de grava: 3,56%; contenido de arena: 35,98%; contenido de finos: 60,46% y un Índice de Plasticidad igual a 11,22%.

Figura 51. Material arcilloso



Fuente: Autores, 2014

Figura 52. Culminación del apique



Fuente: Autores, 2014

Vía 4. Descripción y muestreo del apique # 1 muestra 1. Se define una arena arcillosa de color café pardo, de moderada plasticidad e índice de expansividad medio (ver figura 53 y 54). Según la AASHTO; A-7-6 (0); y según el Sistema Unificado U.S.C; SC. Se presenta una humedad natural (w) igual a 14,63%; contenido de grava: 15,74%; contenido de arena: 48,80%; contenido de finos: 35,46% y un Índice de Plasticidad igual a 12,92%.

Figura 53. Arena arcillosa color café pardo



Fuente: Autores, 2014

Figura 54. Culminación del apique



Fuente: Autores, 2014

Descripción y muestreo del apique # 2 muestra 1. Se define una arena limo arcillosa de color café pardo, de moderada plasticidad e índice de expansividad medio (ver figura 55). Según la AASHTO; A-6 (1); y según el Sistema Unificado U.S.C; SC. Se presenta una humedad natural (w) igual a 15,60%; contenido de grava: 18,25%; contenido de arena: 44,22%; contenido de finos: 37,53% y un Índice de Plasticidad igual a 13,22%.

Figura 55. Desarrollo del apique



Fuente: Autores, 2014

Descripción y muestreo del apique # 2 muestra 2. Se define una arcilla de color amarillo crema, de alta plasticidad e índice de expansividad alto (ver figura 56). Según la AASHTO; A-7-6 (10); y según el Sistema Unificado U.S.C; CL. Se presenta una humedad natural (w) igual a 15,60%; contenido de grava: 8,51%; contenido de arena: 31,30%; contenido de finos: 60,19% y un Índice de Plasticidad igual a 22,88%.

Figura 56. Estratos arcillosos encontrados



Fuente: Autores, 2014

Descripción y muestreo del apique # 3 muestra 1. Se define una arena arcillosa de color amarillo crema, de alta plasticidad e índice de expansividad alto (ver figura 57). Según la AASHTO; A-6 (5); y según el Sistema Unificado U.S.C; SC. Se presenta una humedad natural (w) igual a 21,70%; contenido de grava: 9,98%; contenido de arena: 46,26%; contenido de finos: 43,76% y un Índice de Plasticidad igual a 21,85%.

Figura 57. Arena arcillosa



Fuente: Autores, 2014

Vía 5. Descripción y muestreo del apique # 1 muestra 1. Se define una arena arcillosa de color café amarillento, de moderada plasticidad e índice de expansividad medio (ver figura 58). Según la AASHTO; A-6 (3); y según el Sistema Unificado U.S.C; SC. Se presenta una humedad natural (w) igual a 13,37%; contenido de grava: 15,59%; contenido de arena: 42,13%; contenido de finos: 42,29% y un Índice de Plasticidad igual a 15,89%.

Figura 58. Arena arcillosa



Fuente: Autores, 2014

Descripción y muestreo del apique # 2 muestra 1. Se define una arena arcillosa de color café grisáceo, de moderada plasticidad e índice de expansividad alto (ver figura 59). Según la AASHTO; A-6 (5); y según el Sistema Unificado U.S.C; SC. Se presenta una humedad natural (w) igual a 24,39%; contenido de grava: 17,21%; contenido de arena: 35,92%; contenido de finos: 46,82% y un Índice de Plasticidad igual a 18,39%.

Figura 59. Arena arcillosa



Fuente: Autores, 2014

Vía 6. Descripción y muestreo del apique # 1 muestra 1. Se define una arena arcillosa de color café amarillento, de moderada plasticidad e índice de expansividad medio (ver figura 60). Según la AASHTO; A-2-6 (0); y según el Sistema Unificado U.S.C; SC. Se presenta una humedad natural (w) igual a 16,54%; contenido de grava: 30,78%; contenido de arena: 44,10%; contenido de finos: 25,12% y un Índice de Plasticidad igual a 12,85%.

Figura 60. Arena arcillosa



Fuente: Autores, 2014

Descripción y muestreo del apique # 2 muestra 1. Se define una arcilla de color amarillo crema, de alta plasticidad e índice de expansividad alto (ver figura 61). Según la AASHTO; A-7-6 (9); y según el Sistema Unificado U.S.C; CL. Se presenta una humedad natural (w) igual a 34,62%; contenido de grava: 2,09%; contenido de arena: 37,66%; contenido de finos: 60,25% y un Índice de Plasticidad igual a 20,37%.

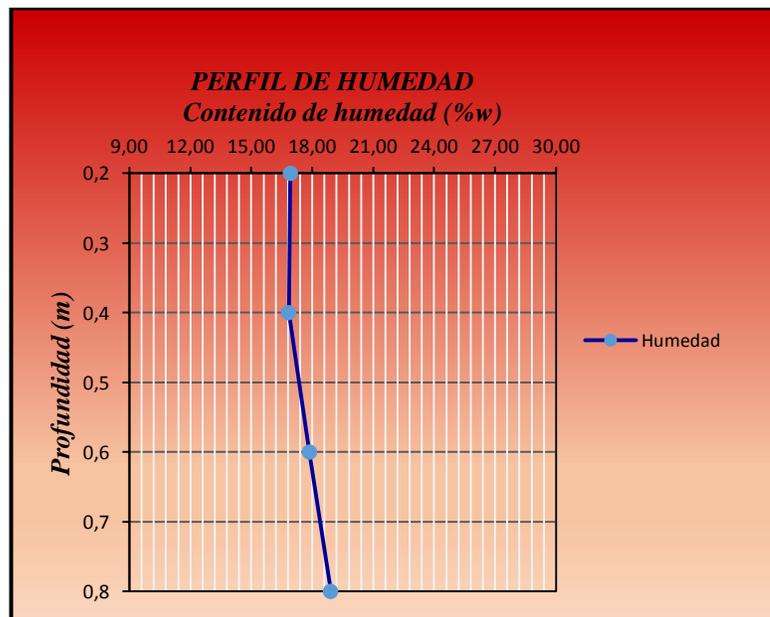
Figura 61. Arena arcillosa



Fuente: Autores, 2014

Las muestras obtenidas de los apiques, tomadas desde la superficie hasta una profundidad de 0,80 m, indican una variación de la humedad con respecto a la profundidad en donde se muestra el aumento de la humedad, lo cual indica la cercanía al nivel freático (ver grafica 4).

Gráfica 4. Perfil de humedades apique No. 2 del apique 1

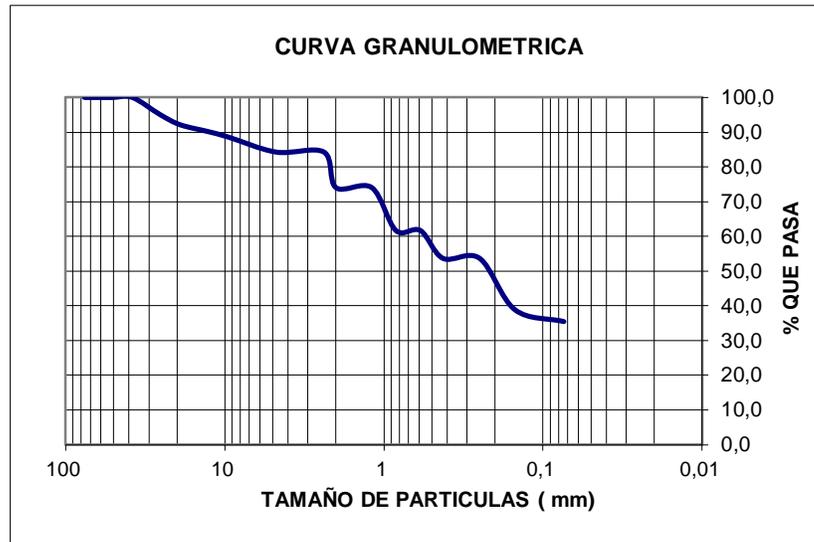


Fuente: Autores, 2014

El análisis granulométrico deja ver la distribución del tamaño de las partículas presentes en cada una de las muestras en estudio, en donde se aprecian las combinaciones de dos o más fracciones uniformemente graduadas, conformándola en una granulometría discontinua (ver grafica 5), comprendiendo suelos que van desde arenas limo arcillosas hasta suelos arcillosos, los cuales corresponde a los de una subrasante regular o mala; por otra parte los resultados arrojados por los límites de atterberg dejan ver materiales con plasticidades que

van desde media con 15,91% hasta alta 26,11%, y límites líquidos de 32,38% hasta 44,85%, clasificándolos como suelos expansivos con baja y alta plasticidad.

Grafica 5. Perfil granulométrico del apique No. 1 de la Vía 4



Fuente: Autores, 2014

Los resultados detallados del análisis granulométrico, límites de atterberg y el contenido de humedad se muestran en el anexo E.

4.2.3 Caracterización Del Tránsito Vehicular. El aporte de información determinada por el conteo vehicular en cada una de las vías, registrada en el formato manejado por el grupo de investigación GIGMA de la UFPSO (ver figura 62), el cual establece el tránsito promedio diario semanal (TPDs) existente en las mismas, realizado en la semana comprendida desde el 30 de Junio de 2014 hasta el 6 de Julio de 2014.

La tabla 10 resume el flujo vehicular en cada una de las vías en estudio, tomados en la semana ya indicada, donde se indica la vía, la cantidad de autos que por esta circularon, de igual forma la cantidad de buses, colectivos, la cantidad de camiones sud divididos en: camiones de dos ejes pequeño (C-2P), camiones de 2 ejes grandes (C-2G), camiones con 3 y 4 ejes (C-3-4), camiones con 5 ejes (C5) y camiones con más de 5 ejes (≥ 6), obteniendo de esta forma el tránsito promedio diario semanal (TPDs), el cual resulta de sumar la cantidad de autos, buses, colectivos y camiones, y dividirlo entre siete que es el número de días que tiene la semana.

Tabla 10. Resultados del conteo vehicular

VÍA	AUTOS	BUS	COLECTIVO	C-2P	C-2G	C-3-4	C5	≥C6	TPDs
1	2725	0	399	1186	227	47	0	0	655
2	5274	17	1284	1860	881	13	5	3	1334
3	1178	21	219	1099	260	7	0	0	398
4	1684	4	190	338	196	13	0	0	346
5	2888	14	1735	1193	802	17	8	4	952
6	1520	10	87	462	177	5	0	0	323

Fuente: Autores, 2014

La tabla 11 representa el porcentaje de vehículos en cada una de las vías, donde el porcentaje de autos corresponde a la columna de A (%), el de buces B (%) y el de camiones a C (%), con sus respectivas distribuciones.

Tabla 11. Porcentajes para cada tipo de vehículos

VÍA	A (%)	B (%)	C (%)	Distribución de Camiones (%)				
				C-2P	C-2G	C-3-4	C5	≥C6
1	59,45	8,70	31,85	81,23	15,55	3,22	0,00	0,00
2	56,48	13,93	29,58	67,34	31,90	0,47	0,18	0,11
3	42,31	8,62	49,07	80,45	19,03	0,51	0,00	0,00
4	69,44	8,00	22,56	61,79	35,83	2,38	0,00	0,00
5	43,36	26,26	30,39	58,94	39,62	0,84	0,40	0,20
6	67,23	4,29	28,48	71,74	27,48	0,78	0,00	0,00

Fuente: Autores, 2014

Por medio del ensayo de PDC se pudo obtener el CBR para cada una de las vías, por medio del conteo vehicular, el porcentaje de camiones y el tránsito promedio diario semanal (TPDs), datos necesarios para obtener el espesor requerido del pavimento por medio del método del PCA mostrados en la tabla 12, resultados que fueron comparados con los espesores de losas actuales en cada una de las vías, por medio de la extracción de núcleos.

Tabla 12. Datos para espesores de losa

VÍA	CBR (%)	TPDs	C (%)	ESPESOR DE LA LOSA		
				ACTUAL	REQUERIDOS POR LA PCA	
					Fatiga	Erosión
1	14,2	655	31,85	15,35	21,2	13,3
2	14,4	1334	29,58	15	21,6	14,7
3	10,2	398	49,07	15	21,8	13,6
4	13,7	346	22,56	15,2	20,6	11,6
5	7,3	952	30,39	12,5	23	14,9
6	7	323	20,48	--	22,2	12,6

Fuente: Autores, 2014

Los espesores requeridos por medio del método de la PCA descritos en la tabla 12 son implementados para verificar si el espesor de la losa actual es el adecuado (ver anexo G), para el tránsito que circulan por cada una de ellas, considerando que ninguna de ellas cuenta con una subbase que permita transmitir mejor las cargas a la subrasante. Este balance es detallado a continuación.

La vía 1 tiene un espesor de 15,35 cm el cual no es el indicado debido que para un tráfico de 655 veh/día y un 31,85% de camiones, el espesor adecuado según el programa PCA es de 21,2 cm por Fatiga y de 13,3 por Erosión, considerando el espesor por fatiga el adecuado para esta vía.

La vía 2 tiene un espesor de 15,0 cm el cual no es el indicado debido que para un tráfico de 1334 veh/día y un 29,58% de camiones, el espesor adecuado según el programa PCA es de 21,6 cm por Fatiga y de 14,7 por Erosión, considerando el espesor por fatiga el adecuado para esta vía.

La vía 3 tiene un espesor de 15,0 cm el cual no es el indicado debido que para un tráfico de 398 veh/día y un 49,07% de camiones, el espesor adecuado según el programa PCA es de 21,8 cm por Fatiga y de 13,6 por Erosión, considerando el espesor por fatiga el adecuado para esta vía.

La vía 4 tiene un espesor de 15,20 cm el cual no es el indicado debido que para un tráfico de 346 veh/día y un 22,56% de camiones, el espesor adecuado según el programa PCA es de 20,6 cm por Fatiga y de 11,6 por Erosión, considerando el espesor por fatiga el adecuado para esta vía.

La vía 5 tiene un espesor de 12,50 cm el cual no es el indicado debido que para un tráfico de 952 veh/día y un 30,39% de camiones, el espesor adecuado según el programa PCA es de 23,0 cm por Fatiga y de 14,9 por Erosión, considerando el espesor por fatiga el adecuado para esta vía.

La vía 6 no tiene espesor de losa debido a que no se pudo extraer ningún núcleo o muestra de concreto debido al mal estado de la misma, para un tráfico de 323 veh/día y un 28,48% de camiones, el espesor adecuado según el programa PCA es de 22,2 cm por Fatiga y de 12,6 cm por Erosión, considerando el espesor por fatiga el adecuado para esta vía.

Los resultados detallados del conteo vehicular se muestran en el anexo F.

4.3 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

4.3.1 Propuesta De Diseño De La Estructura Del Pavimento. El deterioro constante de la estructura del pavimento presente en las vías en consideración han llevado a la realización de estudios de tránsito para determinar la cantidad de vehículos que por ella transitan y de esta manera conocer el daño que le proporcionan a la estructura del pavimento, de esta forma diseñar la estructura de pavimento adecuada.

Debido a que ninguna de las vías cumple con los espesores de pavimentos requeridos por medio del método de la PCA, se procede a realizar su respectivo diseño (ver anexo H), para un periodo de 20 años.

La tabla 13 muestra los espesores de diseño requeridos por fatiga y erosión, según el método para este periodo.

Tabla 13. Datos para los espesores de losa

VÍA	REQUERIDOS POR LA PCA	
	Fatiga	Erosión
1	19,5	15,4
2	20	16,6
3	20	15,4
4	18,9	13,7
5	20,8	16,4
6	20	14,2

Fuente: Autores, 2014

Para el diseño por el método de la PCA se requiere seguir los siguientes pasos:

Paso 1: Nombre del proyecto (Diseño de Espesor de Losa de la Vía en consideración), Tipo de carretera (TIPO 2 “vía secundaria”), Número de carriles por sentido (1), Bermas de hormigón (No “debido al ancho de la calzada”), Barras pasajuntas (Si “mejor distribución de cargas”), Tipo de subbase (granular) y Observaciones adicionales (en caso de haber).

Paso 2: Periodo de diseño (20 años “según norma”), Tipo de distribución de cargas del tránsito (Pesado tipo 2 “tipo de vehículo con mayor transmisión de ejes por la vía específica”), % camiones que circulan sobre el borde del pavimento (6% “considerado por el método”) y Factor de seguridad de carga (1,2 “criterio del diseñador”).

Paso 3: T.P.D.A (transito promedio diario anual para dicha vía), Porcentaje de vehículos pesados en el tráfico (porcentaje de camiones en la vía), Tasa de crecimiento anual (2% “tasa de crecimiento del país”), Factor de distribución por carril (arrojado por el método, con los datos anteriores) y Factor direccional (igualdad de distribución de cargas por carril).

Paso 4: Valor CBR subrasante (para la vía en consideración), Varianza de resistencia (15% “asumida por el método”) y el resto es calculada por el programa, con el espesor de la subbase.

Paso 5: Espesor subbase (espesor subbase de 15 cm “considerada para el diseño de todas las vías”).

Paso 6: Calculo del espesor por Fatiga y por Erosión (botones para realizar el cálculo de espesores).

Paso 7: Espesor losa de Hormigón (resultado del espesor de la losa por cada uno de los criterios).

Figura 63. Pasos para la manipulación del programa

Diseño de Pavimentos de Hormigón Método de la Portland Cement Association PCA 84							
Christian O. Rojas Torrico Ingeniero civil, Magister en Ingeniería Vial			Cochabamba - Bolivia christianrojas@hotmail.com				
Datos Generales							
Proyecto:	Diseño de Espesor de Losa de la Via 1 1						
Tipo de carretera:	TIPO 2						
Numero de carriles por sentido:	1						
Bermas de hormigón:	No						
Barras pasajuntas:	Si						
Tipo de subbase:	Granular						
Observaciones adicionales:							
Periodo de diseño:	20	años	2				
Tipo de distribución de cargas de tráfico:	Pesado tipo 2						
% camiones que circulan sobre el borde del pavimento:	6,0	%(Método PCA considera el 6%)					
Factor de seguridad de cargas:	1,2						
T.P.D.A. (incluyendo vehículos livianos)=	655,00	vehículos/día	6				
Porcentaje de vehículos pesados en el tráfico:	31,9%						
Tasa de crecimiento anual:	2,0%						
Factor de distribución por carril:	1,00						
Factor direccional:	50%						
Tráfico de diseño (solo camiones pesados):		925.066	(vehículos de más de cuatro llantas)				
PLANILLA DE CÁLCULO DE ESPESORES							
Valor CBR subrasante:	14,2 %	4				Esesor losa de Hormigón:	15,4 cm
Módulo k de subrasante:	62,3 MPa/m	229,7 pci					
Modulo k combinado:	74,7 MPa/m	275,8 pci					
Modulo de rotura:	4,4819 Mpa	650,0 psi					
Varianza de resistencia:	15% (Método considera 15%)				Esesor subbase:	15,0 cm	
Carga por eje (Ton)		Corrección carga por LSF	Repeticiones en el periodo de diseño	Análisis por fatiga		Análisis por erosión	
				Repeticiones admisibles	Acumulación de fatiga	Repeticiones admisibles	
						Acumulación erosión	
EJES SENCILLOS							
Esfuerzo equivalente:		2,3 MPa	336,9 psi				
Relación de esfuerzos:		0,518					
15,4	18,5	-	0	0,0%	17661	0,0%	
14,5	17,4	-	0	0,0%	24989	0,0%	
13,6	16,3	540	1	103225,6%	36079	1,5%	
12,7	15,3	1.253	3	42152,9%	53314	2,3%	
11,8	14,2	2.563	17	15059,4%	80947	3,2%	
10,9	13,1	5.473	98	5569,4%	126926	4,3%	
10,0	12,0	9.096	572	1589,1%	206951	4,4%	
9,1	10,9	20.043	3367	595,3%	354264	5,7%	
8,2	9,8	26.133	20014	130,6%	645822	4,0%	
7,3	8,7	35.923	120406	29,8%	1282464	2,8%	
6,4	7,6	49.896	1614638	3,1%	2886755	1,7%	
5,4	6,5	156.201	ilimitadas		7997302	2,0%	
4,5	5,4	-	ilimitadas		34276997	0,0%	
3,6	4,4	-	ilimitadas		1131655014	0,0%	
2,7	3,3	-	ilimitadas		ilimitadas		
1,8	2,2	-	ilimitadas		ilimitadas		
EJES TANDEM							
Esfuerzo equivalente:		1,9 MPa	272,6 psi				
Relación de esfuerzos:		0,419					
27,2	32,7	-	103	0,0%	23151	0,0%	
25,4	30,5	-	418	0,0%	34296	0,0%	
23,6	28,3	1.812	1718	105,5%	52178	3,5%	
21,8	26,2	3.642	7098	51,3%	81919	4,4%	
20,0	24,0	10.619	29543	35,9%	133574	7,9%	
18,2	21,8	31.703	123926	25,6%	228223	13,9%	
16,3	19,6	75.316	830326	9,1%	413895	18,2%	
14,5	17,4	79.132	ilimitadas		812814	9,7%	
12,7	15,3	140.822	ilimitadas		1788085	7,9%	
10,9	13,1	83.738	ilimitadas		4707955	1,8%	
9,1	10,9	104.359	ilimitadas		17493283	0,6%	
7,3	8,7	115.344	ilimitadas		191573389	0,1%	
5,4	6,5	-	ilimitadas		ilimitadas		
3,6	4,4	-	ilimitadas		ilimitadas		
1,8	2,2	-	ilimitadas		ilimitadas		
Total Fatiga =				168582,5%	Total Erosión = 99,9%		
<small>NOTA IMPORTANTE: En esta versión del método de la Asociación del Cemento Portland de los EE.UU. no se consideraron los efectos del clima sobre los materiales de las diferentes capas del pavimento, por lo tanto no se incluyen variaciones de humedad y temperatura en la subrasante, subbase y losa de hormigón. El modelo de elementos finitos empleado para el desarrollo de este método consideraba solamente losas planas totalmente apoyadas y sin alabeo, sin embargo una gran cantidad de estudios verificaron que las tensiones generadas por alabeo combinado con cargas de tráfico son mucho mayores debido a la falta de soporte que se produce por la curvatura de las losas.</small>							

Fuente: Autores, 2014

Para el diseño del nuevo pavimento se debe considerar lo siguiente:

Colocación de las formaletas. Con el fin de construir franjas largas en concreto. La altura de las formaletas debe ser igual al espesor de la losa. Si se usan formaletas de madera su grosor deber ser, al menos, una tercera parte del espesor de la losa (para el caso de una losa

de 15 cm., el espesor de la madera debe ser 5 cm). Para apoyar y fijar las formaletas de madera se requieren colocar estacas de 45 cm de largo cada metro. Si se utilizan formaletas metálicas, estas pueden ser de perfil tubular o viga canal con las correspondientes estacas de acero.

Las formaletas de madera, a menos que hayan sido aceitadas o tratadas con algún agente desmoldante, deberán humedecerse antes del colado del concreto. Los desmoldantes más usados para las formaletas son: el diésel, aceite quemado, parafina con petróleo o desmoldantes patentados. Es importante este tratamiento para que al ser removidas, causen un daño mínimo al concreto.

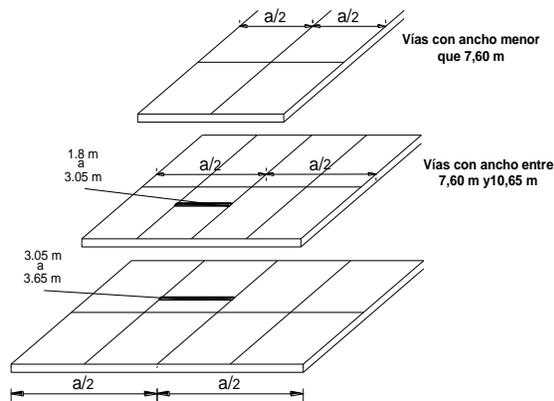
En vías de doble sentido. Cuando se trata de vías transitadas en ambas direcciones y el ancho del pavimento es menor que 7,60 m, se debe construir una junta longitudinal para dividir el pavimento en dos franjas o carriles de igual ancho. En vías más amplias se deben construir tres juntas longitudinales, definiendo cuatro franjas, así:

Para vías con un ancho entre 7,60 y 10,65 m: Se construye una junta longitudinal por el centro, y a cada lado de esta, otra que esté separada entre 1,8 y 3,05 m de la central.

Para vías con un ancho entre 10,65 y 14,65 m: Se realiza una junta longitudinal por el centro y a cada lado de esta, otra separada entre 3,05 y 3,65 m de la central.

En la figura 64 se observa un diagrama con las indicaciones anteriores.

Figura 64. Especificaciones de vías doble sentido



Fuente. Manual de diseño de pavimentos de concreto, modificado Autores, 2014

Ejecución de las juntas. La ejecución de las juntas depende, fundamentalmente, del tipo de junta de que se trate.

En el caso de las juntas de contracción pueden crearse de dos formas, en fresco y por serrado del hormigón endurecido.

En el caso de las juntas de dilatación, éstas se consiguen mediante la disposición, previamente al hormigonado, de un elemento compresible en todo el espesor de la losa. Y en el caso de las juntas de construcción, éstas se realizan, generalmente, disponiendo un encofrado perpendicular al plano que forma la superficie del pavimento. Dicho encofrado puede ser fijo o formar parte del propio equipo de ejecución.

Juntas longitudinales. Se define la posición de las juntas longitudinales, teniendo en cuenta la dimensión de los equipos de construcción, el ancho de la vía a pavimentar y las restricciones constructivas, se deben evitar siempre que la separación entre dos juntas longitudinales (ancho de las losas), sea mayor que cuatro metros.

Juntas transversales. El espaciamiento entre las juntas transversales debe estar comprendido entre 3,60 y 5,0 m y la relación entre el largo y ancho de las losas debe oscilar entre 1 y 1,3. Las losas que sean lo más cuadradas posible, tendrán un mejor comportamiento estructural. Con el fin de evitar la formación de losas con poca área, especialmente en los cambios de dirección, en las intersecciones o en las aproximaciones a estructuras existentes, se puede modificar la geometría de ciertas losas para incluir en ellas las otras de poca área.

Juntas de contracción. Ejecución de juntas por cerrado. Es la forma más común de ejecución de las juntas de contracción. Para ello, se recurre a sierras provistas de discos de diamante o carborundo como se indica en la figura 65, a fin de producir una ranura en el hormigón cuya profundidad debe estar comprendida entre $1/4$ y $1/3$ del espesor de la losa. La operación de serrado se debe llevar a cabo tan pronto como se pueda transitar sobre el hormigón sin dañarlo y sin que se desportillen los labios de la junta al efectuar el corte. Normalmente esto se produce entre las 6 y las 24 horas a partir de la puesta en obra del hormigón, según haga más o menos calor.

Figura 65. Máquina ejecutando una junta de contracción por serrado



Fuente: Diseño y ejecución de juntas en pavimentos y soleras de hormigón, 2012

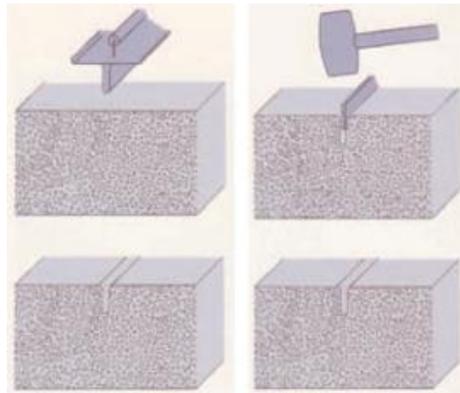
Ejecución de juntas en fresco. Consiste en la formación de las juntas cuando el hormigón, una vez vibrado y enrasado, se encuentra en estado fresco, introduciendo una cuchilla que crea un surco en el mismo.

La cuchilla, de unos 8 mm de grosor, debe profundizar en el hormigón aproximadamente una tercera parte del espesor del pavimento, al igual que en los cortes por cerrado.

Es conveniente que la cuchilla vaya provista de un vibrador para facilitar su introducción y afectar lo menos posible a la regularidad superficial. Para que la ranura creada de esta forma no se cierre al fraguar el hormigón, es necesario colocar un elemento dentro de ella que puede ser flexible (por ejemplo una lámina delgada de polietileno, o rígido (plástico, madera, fibrocemento, etc.), siendo la colocación de estos elementos diferente (ver figura 66) introducen a la vez que la cuchilla, para lo cual se coloca dicha lámina sobre el pavimento en el lugar correspondiente a la junta y se introduce la cuchilla forzándola a entrar en la fisura que se forma.

Por tanto, el ancho de la lámina debe ser, como mínimo, el doble de lo que se quiera profundizar.

Figura 66. Esquema de ejecución de juntas de contracción en fresco

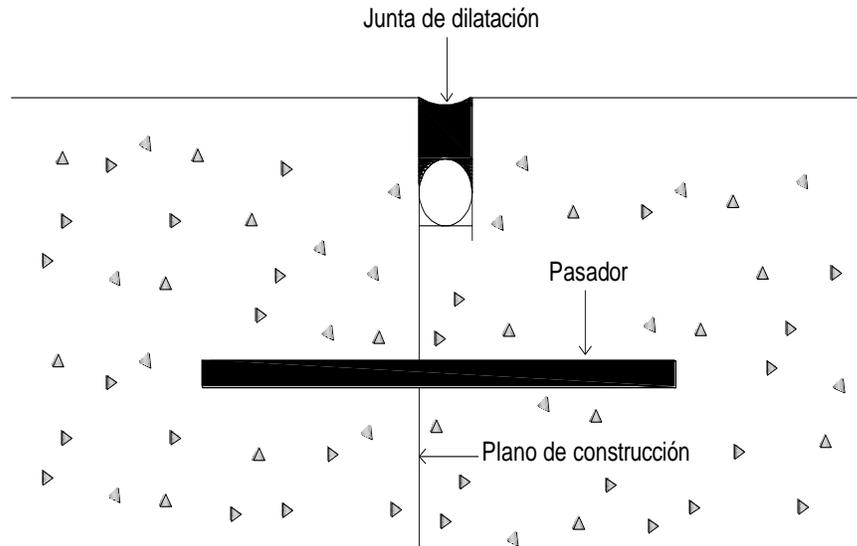


Fuente: Diseño y ejecución de juntas en pavimentos y soleras de hormigón, 2012

Juntas de dilatación. Se ejecutan disponiendo elementos compresibles que se deben colocar en su posición final antes del vertido del hormigón este debe extenderse y compactarse cuidadosamente alrededor de dichos elementos, con el fin de asegurar que no se produzcan movimientos en los mismos.

El espesor de las juntas de dilatación debe estar comprendido entre 5 y 20 mm, empleándose normalmente poliestireno o poliuretano expandido como elemento compresible, u otros materiales como madera impregnada o corcho, cuando estas juntas van a estar sometidas a la acción del tráfico, deben estar provistas de pasadores (ver figura 67) con una caperuza con material compresible en uno de sus extremos.

Figura 67. Junta de dilatación con pasadores



Fuentes: Suelos y pavimentos PERÚ, modificado Autores, 2014

Juntas de construcción. Se ejecutan, generalmente, disponiendo un elemento para contener el hormigón, a modo de encofrado, perpendicular al plano del pavimento, de manera que la superficie que quede sea también perpendicular a éste (ver figura 68).

En lugar de un encofrado convencional, una opción que se utiliza a veces, sobre todo en pavimentos urbanos, es realizar las juntas colocando elementos prefabricados intermedios

Figura 68. Encofrado en junta de final de día



Fuente: Fuente: Diseño y ejecución de juntas en pavimentos y soleras de hormigón, 2012

Utilización de pasadores y canastillas pasajuntas. Utilizados para el tráfico de vehículos pesados. Sus funciones principales son las siguientes:

Transmisión de las cargas de una losa a la adyacente al circular un vehículo pesado por encima de la junta, de forma que la deflexión de ambas losas sea la misma y no se produzcan choques de las ruedas contra los bordes de las junta que pueden acabar rompiendo los mismos.

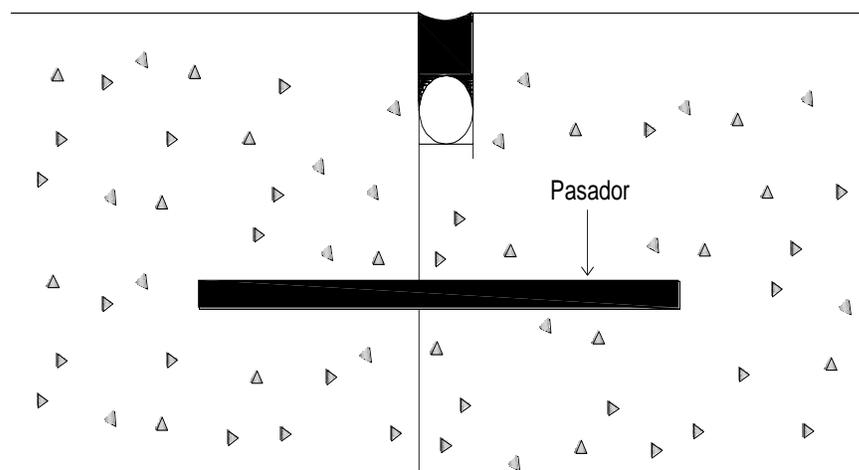
Evitar el escalonamiento en las juntas por fenómenos de erosión de la base o combado de las losas.

Los pasadores deben permitir el movimiento de las losas en la dirección paralela a la superficie del pavimento (ver figura 69), de manera que no se generen tensiones excesivas por acodamiento de las juntas. Para ello, deben ser de acero liso e ir provistos, al menos en la mitad de su longitud, de un tratamiento antiadherente (por ejemplo, una funda de plástico). Se disponen en la mitad del espesor de la losa, perpendiculares y simétricos respecto a la junta, con una separación que depende de la intensidad del tráfico pesado. En carreteras su longitud es igual a 50 cm, y su diámetro a 25 mm.

Los pasadores pueden ser colocados sobre canastillas previamente al hormigonado del pavimento, siempre se debe asegurar que quedan en la posición correcta.

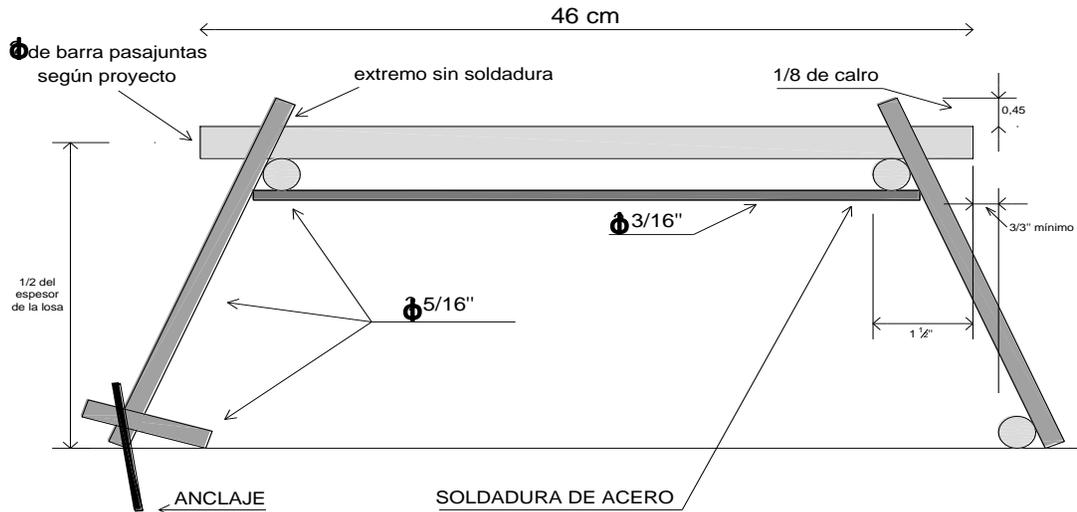
En pavimentos en los que una dimensión predomine sobre la otra en planta, como por ejemplo en el caso de una calle o carretera, y siempre que el pavimento vaya a estar sometido a un tráfico importante de vehículos pesados, es conveniente disponer en las juntas longitudinales barras de atado (canastilla), a fin de evitar que dichas juntas se abran excesivamente (ver figura 70), dichas barras son de acero corrugado, de 12 mm de diámetro y 80 mm de longitud, y se disponen también en la mita del espesor de la losa, transversales y simétricas respecto a la junta, con una separación aproximada de 1 m.

Figura 69. Detalle de junta longitudinal con barra de unión o atado



Fuente: Suelos y pavimentos PERÚ, modificado Autores, 2014

Figura 70. Diseño de canastilla



Fuente: Suelos y pavimentos PERÚ, modificado Autores, 2014

Sellado de las juntas. El sellado de las juntas tiene como objetivo evitar la entrada de agua por las mismas, que podría afectar, tanto a los pasadores o barras de atado en el caso de haberlas, como a la capa de base del pavimento, a la que podría llegar a erosionar provocando el bombeo de finos por las juntas y el escalonamiento de las mismas por descalce de las losas. Además, el sellado impide también la entrada de elementos incompresibles en las juntas que podrían provocar la aparición de desportillados en las mismas e incluso roturas de esquina.

Por ello, se recomienda el sellado de todas las juntas, tanto longitudinales como transversales, en las que se dispongan pasadores o barras de atado algunos de los productos de sellado pueden ser, según su forma de trabajo, de los siguientes tipos;

Productos que trabajan por adherencia, como los de naturaleza asfáltica, colocados en caliente, o las siliconas de uno o dos componentes, colocadas en frío (ver figura 71).

Productos que trabajan a compresión, como los perfiles preformados de policloropreno (neopreno).

Los productos que trabajan por adherencia deben colocarse con un factor de forma (relación entre la altura y el ancho del cordón de sellado) que depende del tipo de producto (ver figura 72).

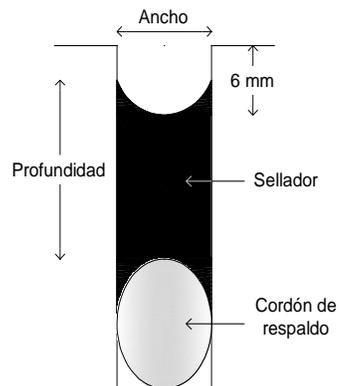
Por ello, antes de instalarlos hay que insertar en el fondo del surco de sellado un cordón de obturación con ayuda de una rueda provista de una pestaña (ver figura 73). En el caso de los perfiles preformados, sus dimensiones deben escogerse de forma que, aún en las épocas de menores temperaturas en las que las juntas están más abiertas, el producto esté siempre comprimido por los labios del surco de sellado.

Figura 71. Sellado con silicona



Fuente: Fuente: Diseño y ejecución de juntas en pavimentos y soleras de hormigón, 2012

Figura 72. Factor forma del sellado debido al cordón



Fuente: Autores, 2014

Figura 73. Instalación del obturador de fondo



Fuente: Fuente: Diseño y ejecución de juntas en pavimentos y soleras de hormigón, 2012

4.3.2 Propuesta de mejoramiento a las fallas actuales de la carpeta de rodadura. Las vías en estudio presentan varios deterioros los cuales necesitan de una intervención para

poder recuperarlas, y así poder tener un nivel de servicio en buenas condiciones, evitando la demolición y construcción total del pavimento, debido a su alto costo de operación. Por ello se plantean las siguientes alternativas.

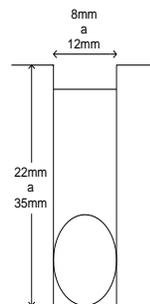
Para comenzar, se cambiarían las losas colapsadas o sea las que prácticamente sea imposible su reparación, operación que incluye la implementación de dovelas, posteriormente se renovarían el sello de las juntas o reponer las que ya no existan.

La rehabilitación para los diferentes tipos de deterioros se muestra a continuación.

Sellado de Juntas de hasta 12 mm de Ancho. Las juntas y grietas que contengan restos de sellos antiguos o materias extrañas, deberán limpiarse completa y cuidadosamente en toda su profundidad. Para ello se deberán utilizar sierras, herramientas manuales u otros equipos adecuados que permitan remover el sello o relleno antiguo sin afectar al hormigón.

Las juntas que carezcan de una caja en su parte superior deberán aserrarse para conformarla, mínimo de entre 8 mm y 12 mm de ancho y entre 22 y 35 mm de profundidad (ver figura 74), según el tipo de sellante y respaldo por emplear. El cordón o lámina por emplear como respaldo deberá ajustarse a lo recomendado por el fabricante del material sellante, y ser ligeramente más ancho que la junta de manera que ajuste bien. Deberá quedar perfectamente alineado a una profundidad constante y sin pliegues o curvaturas.

Figura 74. Dimensiones de caja para juntas



Fuente: Autores, 2014

Sellado de juntas con ancho entre 12 mm y 20 mm. Para estas juntas se seguirá un procedimiento similar al descrito para las juntas de hasta 12 mm de ancho, salvo que el ancho de la caja será de hasta 20 mm, y su profundidad la necesaria para insertar el cordón de respaldo. Las juntas clasificadas en este grupo se sellan con productos termoplásticos como se muestra en la figura 75 que se meten en la junta a una profundidad de 14 mm o más y con un espacio libre entre las superficies del sello y de la losa, de mínimo 4 mm. El imprimante se deberá ajustar a las recomendaciones del fabricante del sellador.

Figura 75. Sellados de juntas entre 12mm y 20mm



Fuente: Análisis de factores que producen deterioros de pavimentos rígidos

Sellado de juntas con ancho entre 20 mm y 30 mm. Las juntas con ancho entre 20 mm y 30 mm se limpian según lo ya mencionado y se sellan con productos del tipo masilla asfáltica (ver figura 76). La profundidad del sello será como mínimo de 15 mm, debiendo quedar entre 4 y 5 mm por debajo de la superficie del pavimento.

Figura 76. Sellados de juntas entre 20mm y 30mm



Fuente: Análisis de factores que producen deterioros de pavimentos rígidos

Sellado de superiores a 30 mm. Se limpian según lo ya mencionado y luego se biselan los bordes mediante equipo esmerilador u otro aprobado, para formar una cavidad con un ancho mínimo de 6 mm. Estas grietas se sellaran con productos tipo masilla asfáltica (ver figura 77). El espesor del material sellador será como mínimo de 15 mm, cualquiera que sea el ancho superficial de la grieta, y deberá quedar entre 4 y 5 mm por debajo de la superficie del pavimento.

Figura 77. Sellados de juntas mayores a 30mm



Fuente: Análisis de factores que producen deterioros de pavimentos rígidos

Sellado de las juntas longitudinales con cualquier ancho. Las juntas longitudinales se limpian según lo descrito anteriormente, y se sellan con productos tipo masilla asfáltica que se ajusten a los requisitos ya estipulados.

Reparación en todo el espesor. La reparación de espesor completo (baches o grietas en bloques) implica la remoción y reemplazo de una porción de la losa en todo su espesor, con el propósito de restaurar áreas con un alto grado de deterioro o preparar el pavimento para una sobrecapa. Las reparaciones de espesor completo pueden mejorar las condiciones del rodado y de integridad estructural, así como extender la vida útil del pavimento.

Las reparaciones en todo el espesor para el caso de pavimentos de concreto simple o concreto armado con juntas, deben ser de concreto y deberán preverse pasadores o barras de unión a los efectos de asegurar una buena transferencia de cargas a través de la junta reparada.

La ejecución considera los siguientes pasos:

Corte de espesor completo mediante aserrado alrededor del área dañada.

Extracción de la losa de concreto en mal estado por medio de pequeñas grúas, con el fin de evitar dañar la subbase o el pavimento adyacente.

Colocación de las barras de transferencia de carga, perfectamente alineadas.

En la colocación debe utilizarse un concreto premezclado, que alcance la resistencia adecuada antes de la apertura al tránsito.

El concreto debe ser vibrado y curado en la misma manera que al construir un pavimento nuevo.

Reparación de espesor parcial. Un descascamiento (desintegración) es objeto de una reparación de espesor parcial, si el concreto dañado puede ser removido hasta una profundidad menor a un tercio de la losa. Típicamente los descascamientos mayores de 3 cm de ancho o de 8 cm de largo deben ser parchados ya que crean una superficie muy irregular y aceleran el proceso de deterioro general en el pavimento.

Aserrado del perímetro de la zona a reparar, con una profundidad de corte apropiada (no puede ser mayor a un tercio del espesor de la losa), prolongando los cortes más allá del encuentro con el otro borde para que en las aristas se obtenga toda la profundidad del corte.

Estos sobrecortes deben rellenarse con lechada o con epóxido. Los límites del parche incluyen todo el concreto deteriorado y que siempre esté rodeado de concreto sano, siguiendo los procesos descritos a continuación.

Remoción del concreto a reemplazar con martillos neumáticos livianos.

Limpieza del área preparada mediante barrido a presión.

Colocación de un formador de juntas flexible (separador compresible).

Relleno del parche con mortero premezclado de alta resistencia. Debe evaluarse el uso de puentes de adherencia (ver figura 78), según instrucciones del proveedor del material de relleno.

Puesto que normalmente los parches presentan una gran superficie en relación al volumen por rellenar, la humedad se pierde con rapidez, por lo que el sistema de curado por utilizar debe ser el adecuado para esta situación.

Figura 78. Aplicación de puente de adherencia en reparación



Fuente: Técnicas de Rehabilitación de Pavimentos de Concreto

Grietas transversales. Si son estrechas solamente vigilar, si son medianas entonces proceder de acuerdo a lo planteado para este tipo de losa en el párrafo anterior. Si son anchas demoler la losa, reparar en toda la profundidad. Si la losa tiene armadura entonces hacer ranura y sellar las grietas. Para lo cual se debe:

Retirar el sellante existente.

Hacer hendidura con cortadora de grietas a lo largo de la grieta, de 25mm profundidad (mínimo) por 20mm de ancho según lo permitan las irregularidades de la grieta.

Retirar el material que impide la adherencia al fondo (si existiera).

Limpieza y secado de los bordes de la hendidura.

Imprimación de los lados de la ranura.

Colocación del producto de sellado

Grietas longitudinales. Si las grietas son anchas se procede a sellar la ranura de la manera que se explicó en el caso de las grietas transversales. Si se encuentran fuera del citado tercio central y son anchas debe hacerse una reparación en todo el espesor de la losa; y si son estrechas o medianas y, además, provienen de una anchura de losa excesiva, de un soporte irregular o del desarrollo de tensiones de tracción debidas a una compresión a lo largo del pavimento (efectoPoisson) las fisuras deben coserse.

Grietas de esquina. Al reparar estas grietas debe tenerse muy en cuenta el drenaje, la susceptibilidad de la capa de base y la transmisión de cargas en las juntas. Por eso cabe una o la combinación de las siguientes variantes:

Colocación de un drenaje eficaz.

Levantamiento de las losas y estabilización de la base, rellenando las cavidades necesarias con hormigón o lechada dependiendo del tamaño del hueco.

Debe restablecerse la transferencia de carga entre losas y aplicar sello a la junta. El recalzado de la losa debe verse como una medida preventiva, que es como resulta de mayor efectividad.

4.3.3 Propuesta de mejoramiento a la subrasante actual. Las vías de concreto rígido como cualquier otra estructura necesitan soportar el deterioro de sus componentes y la garantía de su funcionamiento durante su lapso de vida útil. Para ampliar este lapso de vida útil y mejorar su uso, se debe realizar una excelente selección de los componentes que van a ser parte de dicha estructura, en este caso, las características ideales de la subrasante que se va a utilizar para la construcción de las vías, es una capa de suelos granulados, como son las gravas y las arenas, los suelos encontrados en subrasante de las vías en consideración son en su mayoría suelos finos como las arcillas y limos los cuales poseen bajas resistencia a las fuerzas externas, según la normativa del INVIAS (I.N.V.E-172-07) se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con $CBR \geq 6\%$, el CBR encontrados en las vías oscilan entre 7 y el 14,4%.

Según la comunidad y las inspecciones realizadas en algunas redes de alcantarillado y agua potable, en las vías existen la presencia de nacederos o yacimientos de agua y fugas en los

sistemas de redes (ver figura 79 y 80), lo cual hace que el terreno presente zonas húmedas o áreas blandas.

Figura 79. Fugas en el sistema de redes



Fuente: Autores, 2014

Figura 80. Arreglo de fugas



Fuente: Autores, 2014

Debido a esto se requiere la estabilización de la subrasante por los métodos económicos y efectivos algunos de esos métodos son:

Suelos estabilizados con cal. Se usa para mejorar la resistencia a la compresión en función del tiempo de suelos con plasticidad. La cantidad de cal variara en función de la necesidad que se tenga y de las propiedades del suelo utilizado en la estabilización. Generalmente los porcentajes de cal utilizados en una estabilización variaran de un 2 a 8%. Para que la cal reaccione adecuadamente se necesita que el suelo presente plasticidad ($IP > 10$), y se pueda lograr así la acción puzolanica, que aglomerara adecuadamente las partículas del suelo. El suelo cemento adquiere su resistencia rápidamente, ya que solo se necesita que el cemento se hidrate adecuadamente. En cambio el suelo-cal, necesita la reacción química de los iones calcio y los minerales arcillosos, que lentamente adquieren resistencia. Una ventaja del suelo cal es que su periodo de curado puede iniciarse más tarde, en cambio, el suelo cemento requiere curado inmediato. Por lo general, las arenas no reaccionan favorablemente con la cal y no pueden estabilizarse con ella, el éxito de la estabilización con cal, no solo para disminuir plasticidad, sino para adquirir resistencia, la estabilización in situ se realiza siguiendo las siguientes fases:

Primera fase. Preparación del suelo y almacenamiento de la cal. Se escarifica el suelo, se esponja y se coloca en capas compatibles con el mezclador a utilizar, de esta forma se mejora significativamente el rendimiento del proceso posterior de mezclado.

El suministro y almacenamiento de la cal debe hacerse teniendo en cuenta los criterios de accesibilidad, distancias, espacio necesario, seguridad e higiene, y ritmo de producción de la obra.

El almacenamiento de la cal en obra debe hacerse en contenedores que eviten que la cal entre en contacto con la humedad y con el aire para garantizar su conservación como se muestra en la figura 81. Es muy importante también controlar y regular la humedad natural

del suelo, de tal forma que, si esta es superior a la humedad óptima del ensayo proctor, convendrá aplicar un porcentaje mayor de cal a fin de reducirla. Por el contrario, si esta fuese inferior a la óptima, habrá que regar las capas en cualquiera de las fases aquí descritas.

Figura 81. Aireación del suelo previo a su estabilización



Fuente: Guía básica para estabilización de suelos, HUEZO 2009

Segunda fase. Extendido de la cal. Adición y extensión de la cantidad de cal como se indica en la figura 82, calculada previamente mediante los estudios de laboratorio pertinentes, de la cal en forma de polvo (vía seca) o de lechada (vía húmeda). Para ello, se utilizaran los equipos que garanticen la precisión requerida.

Figura 82. Distribución de cal en tramo a estabilizar



Fuente: Guía básica para estabilización de suelos, HUEZO 2009

Tercera fase. Mezclado. Mezclado de la cal y el suelo en todo el espesor de la capa mediante las pasadas necesarias para lograr su homogeneidad. Para ello se pueden utilizar equipos recicladores/estabilizadores de suelos, pulvimezcladores, motoniveladoras (ver figura 83) etc., que aseguren la eficacia necesaria

Figura 83. Extendido de cal previo a su mezclado



Fuente: Guía básica para estabilización de suelos, HUEZO 2009

Cuarta fase. Compactación y terminación. Compactación mecánica y humectación hasta conseguir las densidades necesarias como se indica en la figura 84, nivelación y curado de la capa mezclada mediante las técnicas convencionales de movimiento de tierras.

Figura 84. Compactación y nivelación



Fuente: Guía básica para estabilización de suelos, HUEZO 2009

Suelo estabilizado con cemento. La estabilización de suelo con cemento, es la más utilizada en el mundo esta es muy sencilla de realizar y no se necesita equipo especial de construcción. El suelo-cemento consiste en mezclar suelo con cemento, y compactarlo en su contenido óptimo de humedad. La función del cemento es aglutinar el material y convertirlo en una masa endurecida de carácter estable, el agua hidrata el cemento y ayuda a obtener la máxima densidad lubricando los granos y partículas de suelo, una vez que el suelo y el cemento han sido mezclados y compactado, inicia la acción del cemento la cual provoca el endurecimiento de la masa.

Al mezclar un suelo con cemento, se produce un nuevo material, duro, con mejores características que el usado como agregado. Esta estabilización no es tan sensible a la humedad como la hecha con asfalto. Pueden usarse todos los suelos para efectuarla, excepto los altamente orgánicos, aunque los más convenientes son los granulares, de fácil disgregado. Los limos, las arenas limosas y arcillas, todas las gravas y las arenas, son agregados adecuados para producir la mezcla suelo-cemento, La cantidad de cemento necesaria varía con el tipo de suelo, siendo menor si el suelo es poco arcilloso. El criterio de diseño de las mezclas suelo-cemento es para obtener un material de mayor resistencia. El procedimiento de construcción consta de las fases siguientes:

Mezclado de cemento y suelo a estabilizar.

Colocación de agua, hasta llegar a obtener la humedad óptima dentro de la mezcla suelo-cemento.

Compactación.

Curado de unos 7 días.

4.4 PRESUPUESTO GENERAL PARA LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

A continuación se muestra el presupuesto necesario para la rehabilitación y adecuación, de las vías en estudio, a fin de que estas presten un excelente servicio a sus usuarios durante el periodo de vida útil.

PRESUPUESTO GENERAL A LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA LAS VÍAS DE ESTUDIO					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	V/UNITARIO	V/TOTAL
1.1	Localización y Replanteo.	M2	10982	\$ 1.445,73	\$ 15.877.233,11
1.2	Corte y Demolición de Pavimento existente con concreto rígido.	M2	6779,7	\$ 15.158,64	\$ 102.770.444,63
1.3	Excavación de Material Común.	M3	1017,0	\$ 22.311,46	\$ 22.689.755,16
1.4	Mejoramiento de Subrasante con Cal Hidráulica Natural in Situ	M3	178,5	\$ 35.912,17	\$ 6.409.604,04
1.5	Suministro e Instalación de Base Granular e= 0,15 mts.	M3	1067,8	\$ 87.323,00	\$ 93.243.739,54
1.6	Concreto Rígido 3000 PSI e=0,20 mts. Con Hierro para juntas	M2	6779,66	\$ 102.785,00	\$ 696.847.353,10
1.7	Sello elástico para juntas a base de poliuretano incluye cordón	ML	2123,3	\$ 11.613,83	\$ 24.659.645,46
1.8	Retiro de Escombros.	M3	1559,3	\$ 21.229,14	\$ 33.103.054,73
1.9	Instalación y Adecuación de Tapa de Hierro Fundido para Pozos	UND	14	\$ 233.625,52	\$ 3.270.757,30
COSTOS DIRECTOS					\$ 998.871.587,08
Administración 15%					\$ 149.830.738,06
Imprevistos 5%					\$ 49.943.579,35
Utilidades 5%					\$ 49.943.579,35
Impuesto de Seguridad 5%					\$ 49.943.579,35
Interventoría 8%					\$ 79.909.726,97
COSTOS INDIRECTOS					\$ 379.571.203,09
COSTO TOTAL DE LA OBRA					\$ 1.378.442.790,17

La descripción de análisis de precios unitarios se encuentra en el anexo I.

5. CONCLUSIONES

Realizada la inspección visual, se observa que todas las vías se encuentran con un alto grado de afectación, con deterioros frecuentes como baches, grietas en bloques y desintegración, sobresaliendo la vía 4, con 95 losas afectadas por baches, 2 por grietas en bloque y 6 por desintegración, abarcando un área afectada de 946,1 m².

El conteo vehicular arrojó un tránsito promedio diarios semanal en un rango de 323 a 1334 Veh/día, clasificándolas en vías secundarias medias y altas, donde el tipo de vehículos que más transita en estas, es el liviano (automóviles), además de identificar la vía 2 con más flujo vehicular, con un porcentaje de autos de 56.48, de buses 13.93 y camiones de 29.58. La baja resistencia de los pavimentos estudiados, se debe a la utilización de agregados gruesos, producto de una mala dosificación, la no distribución uniforme de partículas, debido a la inadecuada ejecución del control de calidad en la construcción del pavimento. Los sondeos realizados en estas vías, arrojan que están sobre suelos arcillosos, con índice de plasticidad mayor al 10%, comprendidos en su mayoría por un solo estrato, con CBR que oscilan entre 7 y 14,4%, indicando una subrasante regular, en algunos casos comprometidos por zonas húmedas.

Las alternativas de solución o propuestas de mejoramientos, permiten mejorar el nivel de servicio y a su vez extender la vida útil de los pavimentos.

El presupuesto realizado, es el necesario para obtener la prestación de un excelente servicio y extensión de la vida útil del pavimento en cada una de estas vías.

El deterioro presente en estas vías, se debe en su mayoría a la ausencia de una capa de base o subbase que permita disipar las cargas que se transmiten a la subrasante.

En general el estado actual de la red vial evaluada en estos barrios es deficiente, tanto en el aspecto funcional como en el estructural, por lo que es necesario actuar prontamente, para evitar que estas continúen deteriorándose, y en algunos casos sigan incomodando u afectando a conductores, transeúntes y vecinos del sector, y como consecuencia afecte la economía del sector y por ende la del municipio.

La estructura recomendada está diseñada para un periodo de vida útil de 20 años cuestión que la hace más factible desde el punto de vista técnico y económico.

6. RECOMENDACIONES

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 fundamental que las entidades competentes apliquen un mayor control de calidad en la realización de labores regulares, como el bacheo, sello de grietas, tratamientos superficiales que aumenten la vida útil de los pavimentos que se encuentran en buen estado.

Se recomienda construir los pavimentos, realizando franjas largas y no en tablero de ajedrez, para lograr superficies más parejas, un rendimiento más alto durante la construcción y menos problemas en las juntas, realizar una instalación adecuada de los pasadores y canastillas, los cuales son esenciales para el buen comportamiento del pavimento.

Se recomienda remover las formaletas cuidadosamente, evitando producir un mal aspecto de la losa debido al desastillamiento de los bordes.

Las dimensiones del cajeado de la junta serán las adecuadas para que el producto de sellado pueda soportar correctamente los movimientos a los que va a estar sometido como consecuencia de las dilataciones y contracciones producidas por efecto de la temperatura. Realizar un curado adecuado, para prolongar la vida útil del pavimento.

Permitir que las losas sean lo más cuadradas posible, para obtener un mejor comportamiento estructural.

Contratar mano de obra local en la ejecución y así crear fuentes de trabajo para el lugar, con lo que se beneficiarán doblemente al tener una fuente de empleo en la que estarían construyendo servicios que les favorecen a ellos mismos.

Realizar el mantenimiento durante las primeras etapas de la vida útil del pavimento, para aumentar su periodo de diseño.

Para la construcción de la sub-base, se debe usar el material procesado pasa 2” de las canteras existentes en la región, cumpliendo con las especificaciones establecidas en la norma INVIAS Artículo 320.

REFERENCIAS DOCUMENTALES ELECTRÓNICAS

ALTAMIRANO KAUFFMANN, Luis F. Deterioro de Pavimentos Rígidos (2007) (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 22 de febrero de 2014]. Disponible en internet en: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/deterioro-pavimentos-rigidos/deterioro-pavimentos-rigidos.pdf>

ARROYO HILTON, N. Francia. Diseño y Conservación de Pavimentos Rígidos. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 22 de febrero de 2014]. Disponible en internet en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/504/A6%20Dise%C3%B1o%20de%20Pavimentos%20R%C3%ADgidos.pdf?sequence=6>

CE. 010 Norma Técnica de Edificación – Pavimentos Urbanos. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 22 de febrero de 2014]. Disponible en internet en: <http://www.slideshare.net/ruivanz1985/ce010-pavimentos-urbanos>

CÓRDOBA MAQUILÓN, J. Eliécer. Ingeniería de Transito (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 22 de febrero de 2014]. Disponible en internet en: http://www.medellin.unal.edu.co/jecordob/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=25&Itemid=16

CORNEJO ALVARENGA, Néstor E., VELÁSQUEZ GALDÁMEZ William A. Análisis Comparativo Entre Métodos de Diseño de Estructuras de Pavimento Rígido [Octubre 2009] (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 22 de febrero de 2014]. Disponible en internet en: <http://209.239.118.175/biblio/tesis/Ingenieria%20civil/dise%F1o%20estructurasPAVIMENTO%20%20rigido.pdf>

CORNEJO ALVARENGA, Néstor E., VELÁSQUEZ GALDÁMEZ William A. Análisis Comparativo Entre Métodos de Diseño de Estructuras de Pavimento

FERNÁNDEZ, Luis M. Compactación del Suelo, Ensayos de Penetración y de Desgaste (2006 - 2007) (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 22 de febrero de 2014]. Disponible en internet en: http://www.slideshare.net/eddyespinosa92/cbr-los-angeles-29018863?qid=38c6a953-7711-4dbb-9576-33ff70c8c04b&v=qf1&b=&from_search=5

GARCÍA CALDERÓN, Johana A. Determinación de la Correlación entre el Módulo de Rotura y la Resistencia a la Compresión del Concreto (caso PREVESA) (2010) (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 22 de febrero de 2014]. Disponible en internet en: http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/962/1/digital_19688.pdf

MALAGÓN, Alfredo. Materiales y Construcción. Construdata. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 22 de febrero de 2014]. Disponible en internet en: <http://www.construdata.com/BancoConocimiento/P/pavimentosdrenados/pavimentosdrenados.asp>

MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO DE LA RED VIAL SECUNDARIA, Pavimentada y en Afirmado. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 22 de febrero de 2014]. Disponible en internet en: <http://web.mintransporte.gov.co/pvr/images/stories/documentos/>

REPSOL Glosario de Términos.. (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 22 de febrero de 2014]. Disponible en internet en: http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/peasfaltos/glosario/default.aspx

SANCHEZ SABOGAL, Fernando. Glosario de Ingeniería de Pavimentos (2005) (s.l.) [On line] (s.f.) [Consultado el 22 de febrero de 2014]. Disponible en internet en: http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/pag_glosario/Glosario/

ANEXOS

Anexo A. Encuestas



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA
NIT. 800 163 130 - 0

La Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, en sus reglamentos establece que una opción de grado es Proyecto de Investigación, para lo cual se realiza esta encuesta con el fin de establecer la necesidad de la comunidad de los Barrios Santa Clara, Dos De Octubre y Villa Paraíso de la Ciudad de Ocaña sobre el Deterioro de las vías principales de estos sitios.

ENCUESTA REALIZADA A LA CIUDADANIA

NOMBRE JHON ERIC ANGARITA TELEFONO: 3163895276

FECHA: 01-05-14 LUGAR: 2 DE OCTUBRE

1. ¿Cómo considera usted el estado de las vías principales de Santa Clara, Dos de Octubre y Villa Paraíso?

- Buena
 Excelente
 Regular
 Mala

2. A su criterio, ¿Cuáles son los factores que más influyen en el deterioro de las vías principales de Santa Clara, Dos de Octubre y Villa Paraíso?

- Mal estado de redes de alcantarillado y agua potable
 Descuido de mantenimiento
 Mala señalización del tránsito vehicular

3. ¿Cuál cree usted que sería la opción más adecuada para el mejoramiento de las vías principales de Santa Clara, Dos de Octubre y Villa Paraíso que se encuentran demasiado deterioradas?

- Curado por bacheo
 Reconstrucción de capa concreto por losas afectadas

4. ¿Qué piensa usted sobre el estado en que se encuentra el sistema de alcantarillado y agua potable en Santa Clara, Dos de Octubre y Villa Paraíso?

- Bueno
 Regular
 No sé
 Malo
 Pésimo

Firma _____



VÍA ACOLSURE, SEDE EL ALGODONAL OCAÑA N. DE S.
Línea Gratuita Nacional 018000 121022 / PBX: 097-5690088
www.ufpso.edu.co





La Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, en sus reglamentos establece que una opción de grado es Proyecto de Investigación, para lo cual se realiza esta encuesta con el fin de establecer la necesidad de la comunidad de los Barrios Santa Clara, Dos De Octubre y Villa Paraíso de la Ciudad de Ocaña sobre el Deterioro de las vías principales de estos sitios.

ENCUESTA REALIZADA A LA CIUDADANIA

NOMBRE MATELY GERREPO TELEFONO: _____

FECHA: _____ LUGAR: CALE 5 A.

1. ¿Cómo considera usted el estado de las vías principales de Santa Clara, Dos de Octubre y Villa Paraíso?

- Buena
 Excelente
 Regular
 Mala

2. A su criterio, ¿Cuáles son los factores que más influyen en el deterioro de las vías principales de Santa Clara, Dos de Octubre y Villa Paraíso?

- Mal estado de redes de alcantarillado y agua potable
 Descuido de mantenimiento
 Mala señalización del tránsito vehicular

3. ¿Cuál cree usted que sería la opción más adecuada para el mejoramiento de las vías principales de Santa Clara, Dos de Octubre y Villa Paraíso que se encuentran demasiado deterioradas?

- Curado por bacheo
 Reconstrucción de capa concreto por losas afectadas

4. ¿Qué piensa usted sobre el estado en que se encuentra el sistema de alcantarillado y agua potable en Santa Clara, Dos de Octubre y Villa Paraíso?

- Bueno Regular No sé
 Malo Pésimo

Firma _____





La Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, en sus reglamentos establece que una opción de grado es Proyecto de Investigación, para lo cual se realiza esta encuesta con el fin de establecer la necesidad de la comunidad de los Barrios Santa Clara, Dos De Octubre y Villa Paraíso de la Ciudad de Ocaña sobre el Deterioro de las vías principales de estos sitios

ENCUESTA REALIZADA A LOS CONDUCTORES

NOMBRE Fernel Pérez Rincon TELEFONO: _____

FECHA: 1-05-14 LUGAR: calle 6

1. ¿Cree usted que el mantenimiento de las vías Principales de Santa Clara, Dos de Octubre y Villa Paraíso están descuidadas?

Sí No

2. Cree usted que las vías principales de Santa Clara, Dos de Octubre y Villa Paraíso esta en optima condiciones para el tránsito vehicular.

Sí No

3. Cree usted que el mal estado de las vías principales de Santa Clara, Dos de Octubre y Villa Paraíso genera gasto a los conductores. ¿Por qué?

Sí No

4. Cree usted que el tráfico pesado influye en el deterioro de las vías principales de Santa Clara, Dos de Octubre y Villa Paraíso.

Sí No

5. A qué tipo de vehículo cree usted que afecta más el mal estado de las vías principales de Santa Clara, Dos de Octubre y Villa Paraíso.

Vehículos pesados

Vehículos livianos

Todos

Firma





La Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, en sus reglamentos establece que una opción de grado es Proyecto de Investigación, para lo cual se realiza esta encuesta con el fin de establecer la necesidad de la comunidad de los Barrios Santa Clara, Dos De Octubre y Villa Paraíso de la Ciudad de Ocaña sobre el Deterioro de las vías principales de estos sitios

ENCUESTA REALIZADA A LOS PROFESIONALES

NOMBRE Willian Humberto Noguera TELEFONO: 318 828 8817

FECHA: 02-05-14 LUGAR: Barrio La Terceroma

1. ¿Qué tipo de suelo identifica Usted en el Municipio de Ocaña?

Suelo arenoso

Suelo arcilloso

Suelo limoso

2. ¿Cuál es el Concreto que más se utiliza en las Vías Urbanas en el Municipio de Ocaña?

Hormigón armado

Concreto reforzado

Impregnando en caliente

Concreto Simple

3. Cree usted que el periodo de vida útil en las vías principales de Santa Clara, Dos de Octubre y Villa Paraíso, está dentro de las expectativas que se plantearon en el momento de su construcción. ¿Por qué?

Sí No

4. ¿Cuál sería el periodo ideal de vida útil de la vías principales de Santa Clara, Dos de Octubre y Villa Paraíso?

5 años

15 años

10 años

20 años

5. Cree usted, que los materiales que han sido utilizado en las construcciones de las la vías principales de Santa Clara, Dos de Octubre y Villa Paraíso son los adecuados. ¿Por qué?

Sí No

Firma





La Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, en sus reglamentos establece que una opción de grado es Proyecto de Investigación, para lo cual se realiza esta encuesta con el fin de establecer la necesidad de la comunidad de los Barrios Santa Clara, Dos De Octubre y Villa Paraíso de la Ciudad de Ocaña sobre el Deterioro de las vías principales de estos sitios

ENCUESTA REALIZADA A LOS PROFESIONALES

NOMBRE Wilder Angarita TELEFONO: 318 654 3231

FECHA: 20-05-14 LUGAR: Barrio Juan XXIII

1. ¿Qué tipo de suelo identifica Usted en el Municipio de Ocaña?

Suelo arenoso

Suelo arcilloso

Suelo limoso

2. ¿Cuál es el Concreto que más se utiliza en las Vías Urbanas en el Municipio de Ocaña?

Hormigón armado

Concreto reforzado

Impregnando en caliente

Concreto Simple

3. Cree usted que el periodo de vida útil en las vías principales de Santa Clara, Dos de Octubre y Villa Paraíso, está dentro de las expectativas que se plantearon en el momento de su construcción. ¿Por qué?

Sí No

4. ¿Cuál sería el periodo ideal de vida útil de la vías principales de Santa Clara, Dos de Octubre y Villa Paraíso?

5 años

15 años

10 años

20 años

5. Cree usted, que los materiales que han sido utilizado en las construcciones de las la vías principales de Santa Clara, Dos de Octubre y Villa Paraíso son los adecuados. ¿Por qué?

Sí No

Firma



Anexo B. Inspección Visual



FORMATO PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTO RÍGIDO



TERRITORIAL: Comuna 6 de Ocana N.S FECHA: 08/04/2014 CONCESIÓN
 CÓDIGO DE LA VÍA: _____ CONTRATO No: _____ MANTENIMIENTO INTEGRAL HOJA: 1 DE: 5
 NOMBRE DE LA VÍA: CALLE 4 LEVANTADO POR: Estudiantes Tesis A.M.V.

ABSCISA	No. Placa		Dimensiones de la Losa		TIPO DE DETERIORO								ACLARACIONES
					Tipo	Sever	Daño		Reparación		Foto		
							Largo	Ancho	Largo	Ancho			
#	Letra	Largo	Ancho										
0+100,00													
0+096,50	25	B	5,55	3,3	GB	A	5,55	3,3	-	-	2		
0+096,50	25	A	3,95	3,35	GB	A	3,95	3,35	-	-	2		
0+092,55	24	B	4	3,5	BCH	A	4	2,87	-	-	2		
0+092,55	24	A	4,05	4,35	GB	A	4,05	4,35	-	-	2		
0+088,50	23	B	3	3,75	GB	A	3	3,75	-	-	2		
0+088,50	23	A	3	3,3	GB	A	3	3,3	-	-	2		
0+085,50	22	B	3,8	3,7	GB	A	3,8	2,2	-	-	2		
0+085,50	22	A	3,7	3,3	GB	A	3,7	3,3	-	-	3		
0+081,80	21	B	4	3,55	GB	A	4	2,1	-	-	2		
0+081,80	21	A	3,95	3,35	GB	A	3,95	3,35	-	-	2		
0+077,85	20	B	4	3,8	GB	A	2,05	1,15	-	-	3		
0+077,85	20	A	4	3,4	GB	A	4	3,4	-	-	2		
0+073,85	19	B	4,4	3,7	GB	A	4,4	3,7	-	-	3		
0+073,85	19	A	4,45	3,2	GB	A	4,45	3,2	-	-	2		
0+069,94	18	B	4,05	3,5	GB	A	4,05	3,5	-	-	2		
0+069,94	18	A	4,05	3,3	GB	A	4,05	3,3	-	-	3		
0+065,35	17	B	4,9	3,5	GB	A	4,9	3,5	-	-	2		
0+065,35	17	A	2,5	3,55	GB	A	2,5	3,55	-	-	2		
0+062,85	16	B	3,9	3,2	GB	A	3,9	3,2	-	-	2		
0+062,85	16	A	6,65	3,75	GL	M	6,65		6,65		3		
0+056,20	15	B	3,85	4,1	GB	A	3	2,75	-	-	3		
0+056,20	15	A	3,85	3,95	GL	A	3,85		3,85		2		
0+052,35	14	B	3,6	3,55	GB	A	3,6	2,1	-	-	2		
0+052,35	14	A	3,75	3,9	GT	A	3,9		3,9		4		
0+048,60	13	B	3,45	3,6	GE	A	1,2		0,75	0,9	2		
0+048,60	13	A	3,45	3,85	GT	A	3,85		3,85		2		
0+045,15	12	B	3,75	3,6	BCH	A	2,2	1,8	-	-	3		
0+045,15	12	A	3,7	3,85	GL	A	3,7		3,7		2		
0+041,45	12	A	5	3,7	GB	A	5	2,6	-	-	3		
0+041,45	11	B	4,85	4,45	GE	A	1,22		0,75	0,9	2		
0+036,45	11	A	2,9	3,65	GB	A	2,9	2,45	-	-	3		
0+033,55	10	B	5,7	4,45	GE	B	1,75		1,2	1,2	3		
0+033,55	10	A	4,2	3,5	GB	A	4,2	1,9	-	-	3		
0+029,35	9	B	4,75	5,4	BCH	A	1,6	2,5	-	-	2		
0+029,35	9	A	2,65	2,75	GE	B	2,05		0,85	1,8	2		
0+026,70	8	B	4,5	4,65	GB	A	4,5	4,65	-	-	2		
0+026,70	8	A	2,4	3,6	GL	A	2,4		2,4		2		
0+024,30	7	B	3,1	4,8	GB	A	3,1	4,8	-	-	2	Asentamiento por conexiones de tuberías	
0+024,30	7	A	5,85	3,55	GT	M	3,55		3,55		3	Union de pavimento viejo y nuevo	
0+009,35	3	A	3	3,6	GT	B	3,6		3,6		2		
0+006,35	2	A	3	3,55	GE	A	0,8		0,55	0,5	2		
0+003,35	1	B	3,3	3,55	GE	A	0,4		0,25	0,2	3		
0+000,00													

Observaciones: las losas no cuentan con ningun tipo de sellado en sus juntas

Número de calzadas: 1 PR Inicial 0+000 Ancho de berma: 8,0 mts
 Número de carriles por calzada: 2 PR Final 0+346,05 Espesor de la losa: 15,35 cm

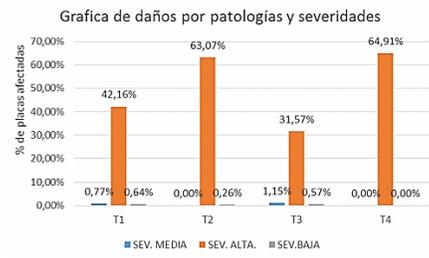
Clasificación y Porcentaje de Deterioros

CALLE 4 TRAMO 1				800 M2				
AREA POR TRAMO				800 M2				
PATOLOGIAS DE SEVERIDAD BAJA			PATOLOGIAS DE SEVERIDAD MEDIA			PATOLOGIAS DE SEVERIDAD ALTA		
DETERIORO	AREA AFECTADA	% FRENTE AL TOTAL	DETERIORO	AREA AFECTADA	% FRENTE AL TOTAL	DETERIORO	AREA AFECTADA	% FRENTE AL TOTAL
GT	2,16	0,27%	GT	2,13	0,27%	GT	4,65	0,58%
GE	2,97	0,37%	GE	0,00	0,00%	GE	1,68	0,21%
GL	0,00	0,00%	GL	3,99	0,50%	GL	6,81	0,85%
BCH	0,00	0,00%	BCH	0,00	0,00%	BCH	19,44	2,43%
HU	0,00	0,00%	HU	0,00	0,00%	HU	0,00	0,00%
GB	0,00	0,00%	GB	0,00	0,00%	GB	304,74	38,09%
TOTAL	5,13	0,64%	TOTAL	6,12	0,77%	TOTAL	337,32	42,16%

CALLE 4 TRAMO 2				800 M2				
AREA POR TRAMO				800 M2				
PATOLOGIAS DE SEVERIDAD BAJA			PATOLOGIAS DE SEVERIDAD MEDIA			PATOLOGIAS DE SEVERIDAD ALTA		
DETERIORO	AREA AFECTADA	% FRENTE AL TOTAL	DETERIORO	AREA AFECTADA	% FRENTE AL TOTAL	DETERIORO	AREA AFECTADA	% FRENTE AL TOTAL
GT	2,07	0,26%	GT	0,00	0,00%	GT	8,00	1,00%
GE	0,00	0,00%	GE	0,00	0,00%	GE	6,00	0,75%
GL	0,00	0,00%	GL	0,00	0,00%	GL	0,00	0,00%
BCH	0,00	0,00%	BCH	0,00	0,00%	BCH	142,64	17,83%
HU	0,00	0,00%	HU	0,00	0,00%	HU	0,00	0,00%
GB	0,00	0,00%	GB	0,00	0,00%	GB	347,93	43,49%
TOTAL	2,07	0,26%	TOTAL	0	0,00%	TOTAL	504,56	63,07%

CALLE 4 TRAMO 3				800 M2				
AREA POR TRAMO				800 M2				
PATOLOGIAS DE SEVERIDAD BAJA			PATOLOGIAS DE SEVERIDAD MEDIA			PATOLOGIAS DE SEVERIDAD ALTA		
DETERIORO	AREA AFECTADA	% FRENTE AL TOTAL	DETERIORO	AREA AFECTADA	% FRENTE AL TOTAL	DETERIORO	AREA AFECTADA	% FRENTE AL TOTAL
GT	1,98	0,25%	GT	2,13	0,27%	GT	9,18	1,15%
GE	0,00	0,00%	GE	0,00	0,00%	GE	1,38	0,17%
GL	2,58	0,32%	GL	1,86	0,23%	GL	23,08	2,89%
BCH	0,00	0,00%	BCH	0,00	0,00%	BCH	106,57	13,32%
HU	0,00	0,00%	HU	5,18	0,65%	HU	0,00	0,00%
GB	0,00	0,00%	GB	0,00	0,00%	GB	112,35	14,04%
TOTAL	4,56	0,57%	TOTAL	9,17	1,15%	TOTAL	252,56	31,57%

CALLE 4 TRAMO 4				368,4 M2				
AREA POR TRAMO				368,4 M2				
PATOLOGIAS DE SEVERIDAD ALTA								
DETERIORO	AREA AFECTADA	% FRENTE AL TOTAL						
GT	0	0,00%						
GE	0,00	0,00%						
GL	0	0,00%						
BCH	86,23	23,41%						
GB	152,905	41,51%						
TOTAL	239,14	64,91%						



Anexo C, Resistencia de los Núcleos de Concreto

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Codigo	Fecha	Revisión
FORMATO DE SERVICIO		F-AC-LRE-001	10-11-2011	A
Dependencia		Aprobado		Pág.
LABORATIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA		DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		1(1)

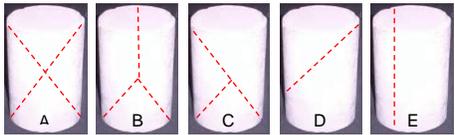
COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO HIDRÁULICO (NTC 550-673)

Ensayo No.: 7384
Fecha de Ensayo 26/06/2014

CLIENTE: UFP SO Muestra número: 1a
 OBRA: Concreto Corriente F. Mustreo: 26/06/2014
 TIPO DE MEZCLA: Concreto Corriente F. Recepción: 26/06/2014
 DESCRIPCION: _____ Slump (cm): _____
 LOCALIZACION: _____

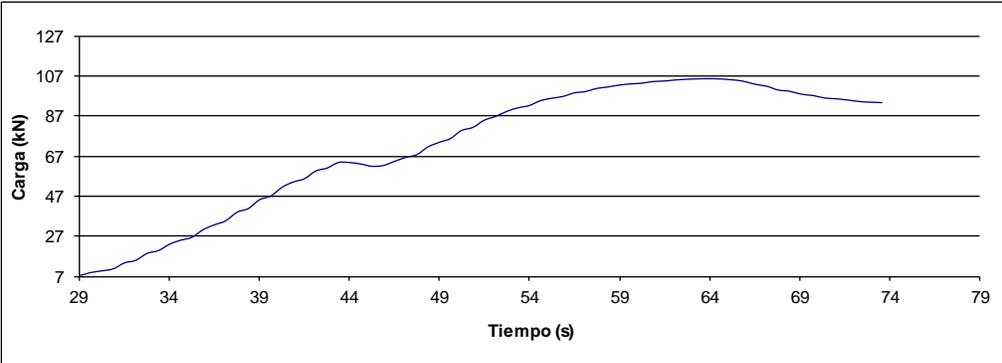
Resistencia Esperada: 15 Mpa Vel Ensayo: 0,25 (MPa/s)

Resultados de ensayo			
No. Del Cilindro	1	2	3
Peso (kg)	1,609		
Densidad (kg/m ³)	2.252		
Altura (mm)	150,1		
Diametro (mm)	77,85		
Area (mm ²)	4760		
Edad (días)			
Carga (kN)	105,2		
Resistencia Real (Mpa)	22,10		
Desarrollo (%)	147,36		
Tipo de Falla	C		



Tipo de fallas

Relacion l/d	Factor de Correccion	Resistencia Corregida
1,93		22,10



Observaciones: Resistencia proyectada a los 28 días Mpa Resistencia (psi): _____
 CEMENTO: _____
 ARENA: _____
 TRITURADO: _____

Laboratorista: Iván Dario Bustos Arias Jefe Laboratorio: Romel Gallardo I.C. Ms.C.
 Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Fecha de Calibración: 05/05/2014




VÍA ACOLSURE, SEDE EL ALGODONAL, OCAÑA N. DE S.
 Línea Gratuita Nacional 018000 121022 / PBX: 097-5690088
 www.ufpso.edu.co





UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

Documento	Código	Fecha	Revisión
FORMATO DE SERVICIO	F-AC-LRE-001	10-11-2011	A
Dependencia	Aprobado		Pág.
LABORATIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES Y SISMICA	DIRECTOR DE DEPARTAMENTO		1(1)

COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO HIDRÁULICO (NTC 550-673)

Ensayo No.: **7394**

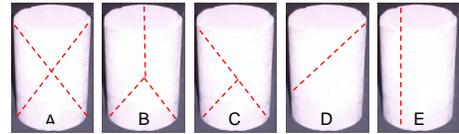
Fecha de Ensayo 26/06/2014

CLIENTE: UFPSO
 OBRA: Concreto Corriente
 TIPO DE MEZCLA: Concreto Corriente
 DESCRIPCION: _____
 LOCALIZACION: _____

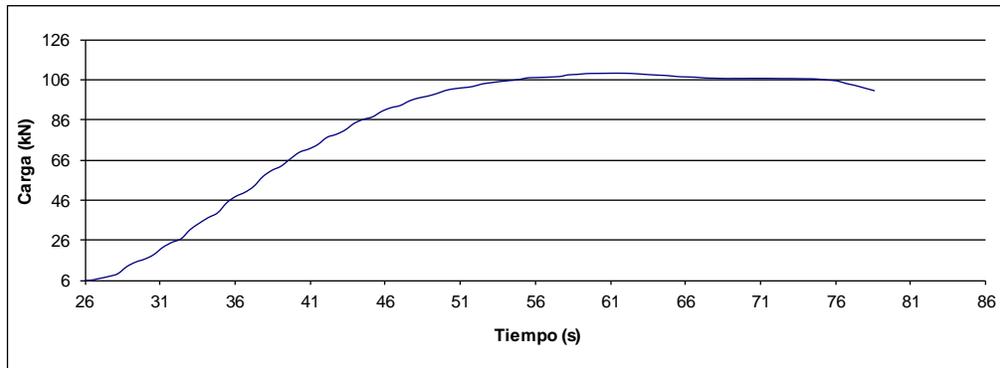
Muestra número: **1A2**
 F. Mustreo: 26/06/2014
 F. Recepción: 26/06/2014
 Slump (cm): _____

Resistencia Esperada: 22 Mpa Vel Ensayo: 0,25 (MPa/s)

Resultados de ensayo			
No. Del Cilindro	1	2	3
Peso (kg)	1,519		
Densidad (kg/m³)	2,232		
Altura (mm)	143		
Diametro (mm)	77,84		
Area (mm²)	4759		
Edad (días)			
Carga (kN)	109,4		
Resistencia Real (Mpa)	22,99		
Desarrollo (%)	104,51		
Tipo de Falla	C		



Tipo de fallas		
Relacion l/d	Factor de Correccion	Resistencia Corregida
1,84		22,99



Observaciones: Resistencia proyectada a los 28 dias Mpa Resistencia (psi): _____
 CEMENTO: _____
 ARENA: _____
 TRITURADO: _____

Laboratorista: Iván Dario Bustos Arias Jefe Laboratorio: Romel Gallardo I.C. Ms.C.

Máquina de ensayos: Pinzuar Ltda. Rango: 1000 kN No. se serie: 109 Fecha de Calibración: 05/05/2014

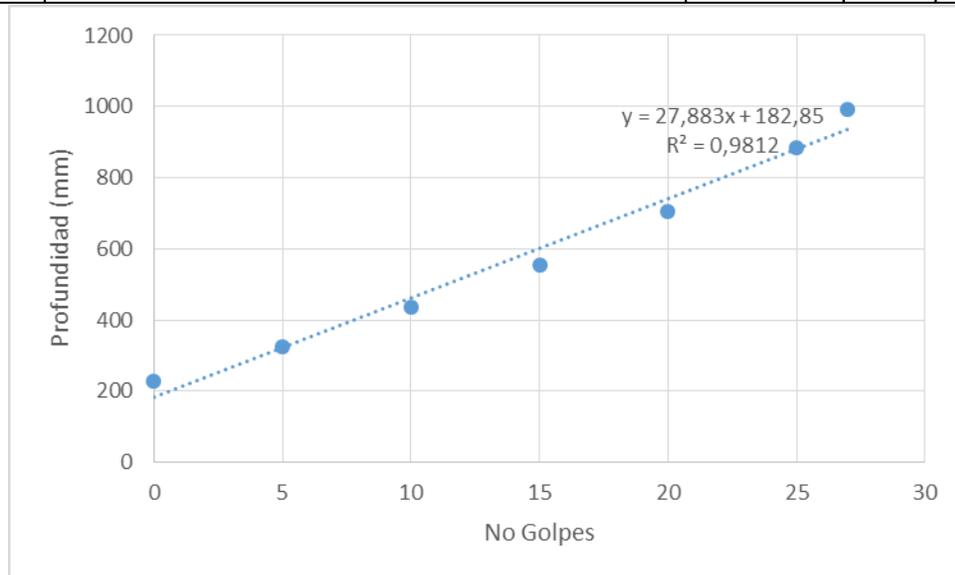


VIA ACOLSURE, SEDE EL ALGODONAL, OCAÑA N. DE S.
 Línea Gratuita Nacional 018000 121022 / PBX: 097-5690088
 www.ufpso.edu.co

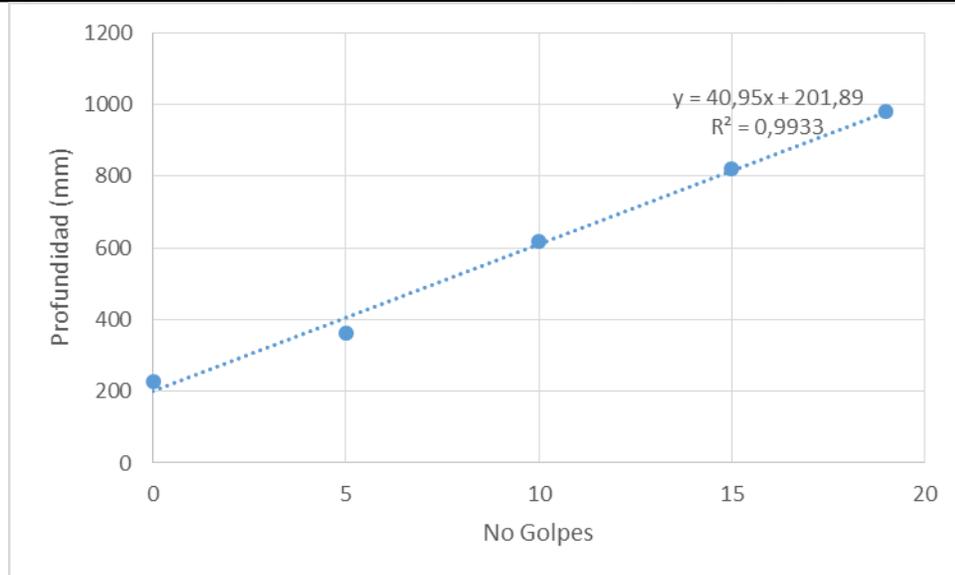


Anexo D, Ensayo de PDC

Proyecto: Diagnostico de vías principales en la comuna 6					Fecha: Mayo 7/2014		
Localización: VÍA 1 - Sondeo 2					Personal: Autores del Proyecto		
Profundidad del punto cero bajo la superficie: 227					Peso del martillo: 8 kg		
Clasificación del material: ML					Tiempo: Predicción 25 °C		
Condición del pavimento: No aplica					Nivel freático: Desconocido		
Numero de golpes	Penetración acumulada	Penetración entre lecturas	penetración por golpes	Factor del martillo	Índice PDC mm/golpe	CBR %	Humedad
0	227	-----	-----	-----	-----	-----	
5	324	97	19	1	19	11	
5	435	111	22	1	22	9	
5	556	121	24	1	24	8	
5	706	150	30	1	30	6	
5	883	177	35	1	35	5	
2	993	110	55	1	55	3,3	
FIN					Prom. C.B.R	7,1	



Proyecto: Diagnostico de vías principales en la comuna 6				Fecha: Mayo 7/2014			
Localización: VÍA 3 - Sondeo 2				Personal: Autores del Proyecto			
Profundidad del punto cero bajo la superficie: 228				Peso del martillo: 8 kg			
Clasificación del material: CL				Tiempo: Predicción 25 °C			
Condición del pavimento: No aplica				Nivel freático: Desconocido			
Numero de golpes	Penetración acumulada	Penetración entre lecturas	penetración por golpes	Factor del martillo	Índice PDC mm/golpe	CBR %	Humedad
0	228	-----	-----	-----	-----	-----	
5	364	136	27	1	27	7	
5	620	256	51	1	51	3,6	
5	822	202	40	1	40	4,7	
4	982	160	40	1	40	4,7	
FIN					Prom. C.B.R	5,0	



Anexo E, Ensayos de Granulometría, Límites de Atterberg y Humedades

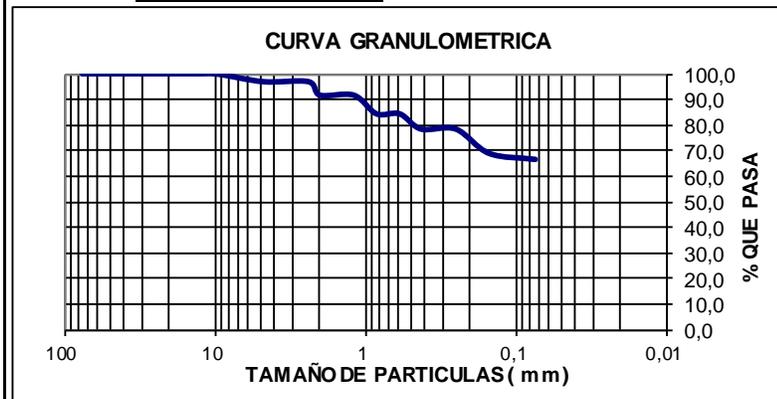


UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

GRANULOMETRIA - CLASIFICACIÓN

SECTOR :	BARRIO DOS DE OCTUBRE OCAÑA N.S		
LOCALIZACIÓN:	Calle 4	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD:	0,60 m	MUESTRA No. :	1
PESO INICIAL:	1243,7	PESO DESPUÉS DE LAVAR:	0,0

TAMIZ No.	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	CLASIFICACIÓN	
3"	0,00	0,00	0,00	100,00		
2 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 "	0,00	0,00	0,00	100,00	AASHTO	A-7-6
3/4 "	0,00	0,00	0,00	100,00	I.G.	8
1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00	U.S.C.	ML
3/8 "	2,00	0,16	0,16	99,84	GRAVA	3,16
No. 4	37,30	3,00	3,16	96,84	ARENA	30,63
No. 8	0,00	0,00	3,16	96,84	FINOS	66,21
No.10	66,10	5,31	8,47	91,53		
No. 16	0,00	0,00	8,47	91,53	I.P.	15,17
No. 20	91,40	7,35	15,82	84,18		
No. 30	0,00	0,00	15,82	84,18		
No. 40	74,60	6,00	21,82	78,18		
No. 60	0,00	0,00	21,82	78,18		
No. 100	119,30	9,59	31,41	68,59		
No. 200	29,50	2,37	33,79	66,21		
FONDO	823,50	66,21	100,00	0,00		
	1243,70	100,00				



D60(mm)	
D30(mm)	
D10(mm)	
Cu	
Cc	

REALIZADO POR :



LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

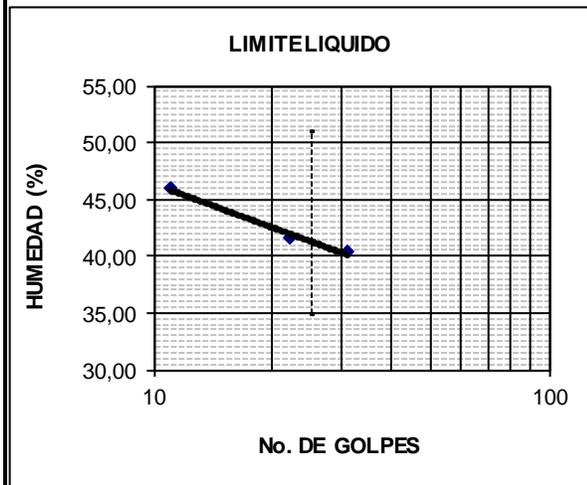
SECTOR :	BARRIO DOS DE OCTUBRE OCAÑA N.S		
LOCALIZACIÓN	Calle 4	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	0,60 m	MUESTRA No. :	1

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	11	22	31	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	73	74	75	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	11,20	11,20	11,30	
PESO HÚMEDO (Gr.)	34,81	37,32	34,34	
PESO SECO (Gr.)	27,38	29,64	27,72	
HUMEDAD (%)	45,92	41,65	40,32	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	76	77	78	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	14,30	14,60	14,45	
PESO HÚMEDO (Gr.)	17,12	16,84	16,98	
PESO SECO (Gr.)	16,54	16,37	16,46	
HUMEDAD (%)	25,89	26,55	25,87	



LIMITE LIQUIDO (%)	41,28
LIMITE PLASTICO (%)	26,11
INDICE DE PLASTICIDAD	15,17

CLASIFICACIÓN	
AASHTO	A-7-6
I.G.	8
U.S.C.	ML

%GRAVA	3,16
%ARENA	30,63
%FINOS	66,21

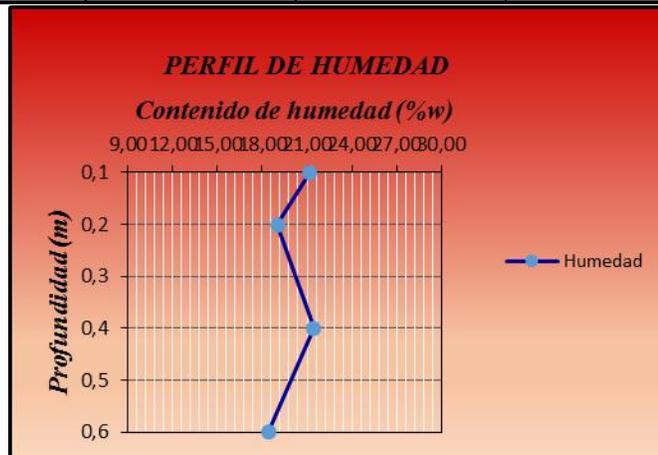
REALIZADO POR :



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

HUMEDAD NATURAL

SECTOR :	BARRIO DOS DE OCTUBRE OCAÑA N.S			
LOCALIZACIÓN :	Calle 4	APIQUE No. :	1	
PROFUNDIDAD :	0,60 metros	MUESTRA No. :	1	
No. recipiente	1	2	3	4
Profundidad	0,1	0,2	0,4	0,6
Whumedo+Wrecipiente	193,42	177,93	187,22	170,44
Wseco+Wrecipiente	174,14	162,60	169,12	156,84
Wrecipiente	83,13	82,01	84,71	83,00
Humedad (%)	21,18	19,02	21,44	18,42



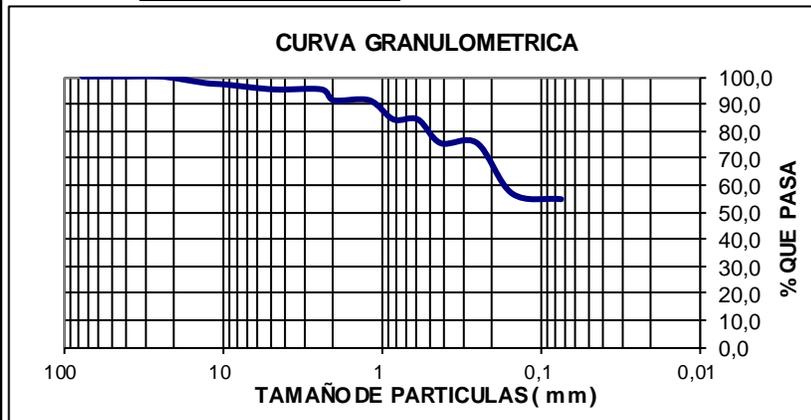


UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

GRANOLUMETRIA - CLASIFICACIÓN

SECTOR :	BARRIO SANTA CLARA OCAÑA N.S		
LOCALIZACIÓN:	Calle 5	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD:	0,80 m	MUESTRA No. :	1
PESO INICIAL:	1898	PESO DESPUÉS DE LAVAR:	0,0

TAMIZ No.	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	CLASIFICACIÓN	
3"	0,00	0,00	0,00	100,00		
2 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 "	0,00	0,00	0,00	100,00	AASHTO	A-6
3/4 "	16,10	0,85	0,85	99,15	I.G.	6
1/2 "	31,70	1,67	2,52	97,48	U.S.C.	CL
3/8 "	9,70	0,51	3,03	96,97	GRAVA	4,82
No. 4	33,90	1,79	4,82	95,18	ARENA	40,39
No. 8	0,00	0,00	4,82	95,18	FINOS	54,79
No.10	75,90	4,00	8,81	91,19		
No. 16	0,00	0,00	8,81	91,19	I.P.	15,42
No. 20	133,40	7,03	15,84	84,16		
No. 30	0,00	0,00	15,84	84,16		
No. 40	165,40	8,71	24,56	75,44		
No. 60	0,00	0,00	24,56	75,44		
No. 100	353,30	18,61	43,17	56,83		
No. 200	38,60	2,03	45,21	54,79		
FONDO	1040,00	54,79	100,00	0,00		
	1898,00	100,00				





LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

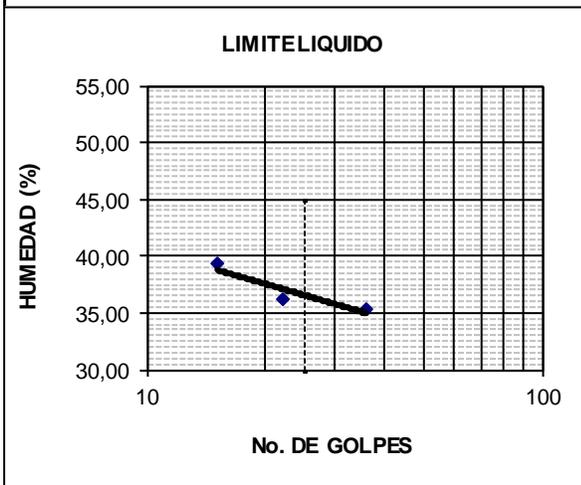
SECTOR :	BARRIO SANTA CLARA OCAÑA N.S		
LOCALIZACIÓN	Calle 5	APIQUE No. :	3
PROFUNDIDAD :	0,80 m	MUESTRA No. :	1

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	15	22	36	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	37	38	39	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	17,13	17,86	17,21	
PESO HÚMEDO (Gr.)	39,53	35,42	48,44	
PESO SECO (Gr.)	33,21	30,75	40,28	
HUMEDAD (%)	39,30	36,23	35,37	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	40	41	42	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	18,06	17,69	17,85	
PESO HÚMEDO (Gr.)	21,46	20,55	21,01	
PESO SECO (Gr.)	20,89	20,03	20,46	
HUMEDAD (%)	20,14	22,22	21,07	



LIMITE LIQUIDO (%)	36,57
LIMITE PLASTICO (%)	21,15
INDICE DE PLASTICIDAD	15,42

CLASIFICACIÓN	
AASHTO	A-6
I.G.	6
U.S.C.	CL

%GRAVA	4,82
%ARENA	40,39
%FINOS	54,79

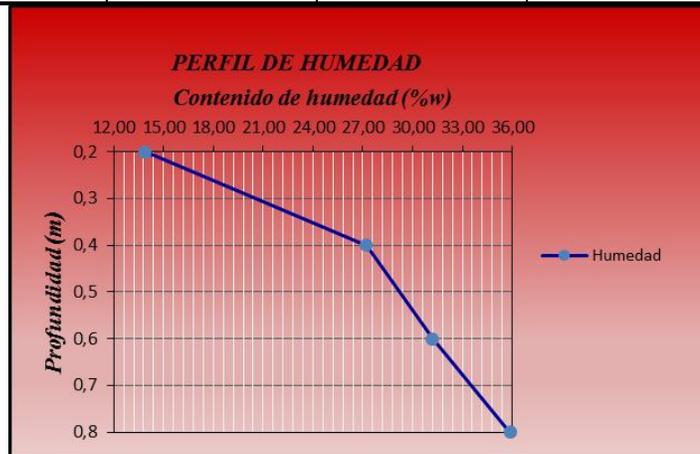
REALIZADO POR :



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA
LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES

HUMEDAD NATURAL

SECTOR :	BARRIO SANTA CLARA OCAÑA N.S			
LOCALIZACIÓN :	Calle 5	APIQUE No. :	3	
PROFUNDIDAD :	0,80 metros	MUESTRA No. :	1	
No. recipiente	1	2	3	4
Profundidad	0,2	0,4	0,6	0,8
Whumedo+Wrecipiente	206,44	188,55	204,86	204,57
Wseco+Wrecipiente	191,85	166,51	181,76	178,99
Wrecipiente	86,66	85,51	107,73	107,67
Humedad (%)	13,87	27,21	31,20	35,87



Anexo G, Revisión de espesores de pavimento por el método del PCA

Diseño de Pavimentos de Hormigón							
Método de la Portland Cement Association PCA 84							
Christian O. Rojas Torrico Ingeniero civil, Magister en Ingeniería Vial				Cochabamba - Bolivia christianrojas@hotmail.com			
Datos Generales							
Proyecto:		Comparacion del Espesor Actual de la Vía 1					
Tipo de carretera:		TIPO 2					
Numero de carriles por sentido:		1					
Bermas de hormigón:		No					
Barras pasajuntas:		No					
Tipo de subbase:		Sin Subbase					
Observaciones adicionales:							
Periodo de diseño:		1		años			
Tipo de distribución de cargas de tráfico:		Pesado tipo 2					
% camiones que circulan sobre el borde del pavimento:		6,0		% (Método PCA considera el 6%)			
Factor de seguridad de cargas:		1,2					
T.P.D.A. (incluyendo vehículos livianos)=		655,00		vehículos/día			
Porcentaje de vehículos pesados en el tráfico:		31,9%					
Tasa de crecimiento anual:		2,0%		Cálculo de espesor por Fatiga			
Factor de distribución por carril:		1,00					
Factor direccional:		50%		Cálculo de espesor por Erosión			
Tráfico de diseño (solo camiones pesados):				38.073		(vehículos de más de cuatro llantas)	
PLANILLA DE CÁLCULO DE ESPESORES							
Valor CBR subrasante:		14,2 %		Espesor losa de Hormigón:		13,3 cm	
Módulo k de subrasante:		62,3 MPa/m 229,7 pci		Espesor subbase:		00,0 cm	
Modulo k combinado:		16,9 MPa/m 62,3 pci					
Modulo de rotura:		4,4819 Mpa 650,0 psi					
Varianza de resistencia:		15% (Método considera 15%)					
Carga por eje (Ton)	Corrección carga por LSF	Repeticiones en el periodo de diseño	Análisis por fatiga		Análisis por erosión		
			Repeticiones admisibles	Acumulación de fatiga	Repeticiones admisibles	Acumulación erosión	
EJES SENCILLOS							
Esfuerzo equivalente:		3,7 MPa		540,4 psi			
Relación de esfuerzos:		0,831					
15,4	18,5	-	0	0,0%	938	0,0%	
14,5	17,4	-	0	0,0%	1361	0,0%	
13,6	16,3	22	0	#####	2015	1,1%	
12,7	15,3	52	0	#####	3051	1,7%	
11,8	14,2	105	0	1375615662,5%	4741	2,2%	
10,9	13,1	225	0	176409995,5%	7591	3,0%	
10,0	12,0	374	0	17361066,1%	12591	3,0%	
9,1	10,9	825	0	2230352,8%	21783	3,8%	
8,2	9,8	1.076	1	166672,9%	39684	2,7%	
7,3	8,7	1.478	11	12882,3%	77157	1,9%	
6,4	7,6	2.054	209	984,4%	163392	1,3%	
5,4	6,5	6.429	3888	165,4%	389632	1,6%	
4,5	5,4	-	74628	0,0%	1113048	0,0%	
3,6	4,4	-	13026368	0,0%	4390528	0,0%	
2,7	3,3	-	ilimitadas		40220743	0,0%	
1,8	2,2	-	ilimitadas		ilimitadas		
EJES TANDEM							
Esfuerzo equivalente:		3,2 MPa		460,7 psi			
Relación de esfuerzos:		0,709					
27,2	32,7	-	0	0,0%	729	0,0%	
25,4	30,5	-	0	0,0%	1117	0,0%	
23,6	28,3	75	0	3182292,8%	1757	4,2%	
21,8	26,2	150	0	581764,1%	2847	5,3%	
20,0	24,0	437	0	152364,4%	4778	9,1%	
18,2	21,8	1.305	3	40328,5%	8364	15,6%	
16,3	19,6	3.100	37	8370,9%	15404	20,1%	
14,5	17,4	3.257	431	756,0%	30227	10,8%	
12,7	15,3	5.796	5106	113,5%	64363	9,0%	
10,9	13,1	3.446	61815	5,6%	153107	2,3%	
9,1	10,9	4.295	1781800	0,2%	428126	1,0%	
7,3	8,7	4.747	ilimitadas		1564452	0,3%	
5,4	6,5	-	ilimitadas		10161198	0,0%	
3,6	4,4	-	ilimitadas		7580284487	0,0%	
1,8	2,2	-	ilimitadas		ilimitadas		
			Total Fatiga = #####		Total Erosión = 100,0%		
<small>NOTA IMPORTANTE: En esta versión del método de la Asociación del Cemento Portland de los EE.UU. no se consideraron los efectos del clima sobre los materiales de las diferentes capas del pavimento, por lo tanto no se incluyen variaciones de humedad y temperatura en la subrasante, subbase y losa de hormigón. El modelo de elementos finitos empleado para el desarrollo de este método consideraba solamente losas planas totalmente apoyadas y sin alabeo, sin embargo una gran cantidad de estudios verificaron que las tensiones generadas por alabeo combinado con cargas de tráfico son mucho mayores debido a la falta de soporte que se produce por la curvatura de las losas.</small>							

Diseño de Pavimentos de Hormigón Método de la Portland Cement Association PCA 84

Christian O. Rojas Torrico
Ingeniero civil, Magister en Ingeniería Vial

Cochabamba - Bolivia
christianrojas@hotmail.com

Datos Generales

Proyecto: Comparacion del Espesor Actual de la Via 4
Tipo de carretera: TIPO 2
Numero de carriles por sentido: 1
Bermas de hormigón: No
Barras pasajuntas: No
Tipo de subbase: Sin Subbase
Observaciones adicionales:

Periodo de diseño: 1 años
Tipo de distribución de cargas de tráfico: Pesado tipo 2
% camiones que circulan sobre el borde del pavimento: 6,0 % (Método PCA considera el 6%)
Factor de seguridad de cargas: 1,2

T.P.D.A. (incluyendo vehículos livianos)= 346,00 vehículos/día
Porcentaje de vehículos pesados en el tráfico: 22,6%
Tasa de crecimiento anual: 2,0%
Factor de distribución por carril: 1,00
Factor direccional: 50%

Cálculo de espesor por Fatiga

Cálculo de espesor por Erosión

Tráfico de diseño (solo camiones pesados): 14.246 (vehículos de más de cuatro llantas)

PLANILLA DE CÁLCULO DE ESPESORES						
Valor CBR subrasante: 13,7 %					Espesor losa de Hormigón: 11,6 cm	
Módulo k de subrasante:	60,8 MPa/m	224,2 pci				
Módulo k combinado:	16,5 MPa/m	60,8 pci				
Módulo de rotura:	4,4819 Mpa	650,0 psi				
Varianza de resistencia:	15% (Método considera 15%)					Espesor subbase: 00,0 cm
Carga por eje (Ton)	Corrección carga por LSF	Repeticiones en el periodo de diseño	Análisis por fatiga		Análisis por erosión	
			Repeticiones admisibles	Acumulación de fatiga	Repeticiones admisibles	Acumulación erosión
EJES SENCILLOS						
Esfuerzo equivalente:		4,5 MPa	658,8 psi			
Relación de esfuerzos:		1,013				
15,4	18,5	-	0	0,0%	271	0,0%
14,5	17,4	-	0	0,0%	399	0,0%
13,6	16,3	8	0	#####	598	1,4%
12,7	15,3	19	0	#####	919	2,1%
11,8	14,2	39	0	#####	1448	2,7%
10,9	13,1	84	0	#####	2353	3,6%
10,0	12,0	140	0	9276799308,6%	3959	3,5%
9,1	10,9	309	0	639509420,4%	6948	4,4%
8,2	9,8	402	0	25548187,4%	12828	3,1%
7,3	8,7	553	0	1051202,4%	25229	2,2%
6,4	7,6	768	2	42560,8%	53819	1,4%
5,4	6,5	2.405	64	3767,1%	128124	1,9%
4,5	5,4	-	2341	0,0%	357634	0,0%
3,6	4,4	-	89688	0,0%	1295226	0,0%
2,7	3,3	-	ilimitadas		8092177	0,0%
1,8	2,2	-	ilimitadas		1201901607	0,0%
EJES TANDEM						
Esfuerzo equivalente:		3,8 MPa	548,0 psi			
Relación de esfuerzos:		0,843				
27,2	32,7	-	0	0,0%	268	0,0%
25,4	30,5	-	0	0,0%	416	0,0%
23,6	28,3	28	0	629319105,0%	662	4,2%
21,8	26,2	56	0	73031761,3%	1087	5,2%
20,0	24,0	164	0	12114125,3%	1849	8,8%
18,2	21,8	488	0	2025714,2%	3281	14,9%
16,3	19,6	1.160	0	264906,5%	6124	18,9%
14,5	17,4	1.219	8	15025,9%	12172	10,0%
12,7	15,3	2.169	154	1412,1%	26208	8,3%
10,9	13,1	1.290	2983	43,2%	62778	2,1%
9,1	10,9	1.607	59696	2,7%	174956	0,9%
7,3	8,7	1.776	6624945	0,0%	618943	0,3%
5,4	6,5	-	ilimitadas		3466680	0,0%
3,6	4,4	-	ilimitadas		98134541	0,0%
1,8	2,2	-	ilimitadas		ilimitadas	
			Total Fatiga =	#####	Total Erosión =	100,0%

NOTA IMPORTANTE: En esta versión del método de la Asociación del Cemento Portland de los EE.UU. no se consideraron los efectos del clima sobre los materiales de las diferentes capas del pavimento, por lo tanto no se incluyen variaciones de humedad y temperatura en la subrasante, subbase y losa de hormigón. El modelo de elementos finitos empleado para el desarrollo de este método consideraba solamente losas planas totalmente apoyadas y sin alabeo, sin embargo una gran cantidad de estudios verificaron que las tensiones generadas por alabeo combinado con cargas de tráfico son mucho mayores debido a la falta de soporte que se produce por la curvatura de las losas.

Diseño de Pavimentos de Hormigón Método de la Portland Cement Association PCA 84

Christian O. Rojas Torrico
Ingeniero civil, Magister en Ingeniería Vial

Cochabamba - Bolivia
christianrojas@hotmail.com

Datos Generales

Proyecto: Comparacion del Espesor Actual de la Via 6
Tipo de carretera: TIPO 2
Numero de carriles por sentido: 1
Bermas de hormigón: No
Barras pasajuntas: No
Tipo de subbase: Sin Subbase
Observaciones adicionales:

Periodo de diseño: 1 años
Tipo de distribución de cargas de tráfico: Pesado tipo 2
% camiones que circulan sobre el borde del pavimento: 6,0 % (Método PCA considera el 6%)
Factor de seguridad de cargas: 1,2

T.P.D.A. (incluyendo vehículos livianos)= 323,00 vehículos/día
Porcentaje de vehículos pesados en el tráfico: 28,5%
Tasa de crecimiento anual: 2,0%
Factor de distribución por carril: 1,00
Factor direccional: 50%

Cálculo de espesor por Fatiga
Cálculo de espesor por Erosión

Tráfico de diseño (solo camiones pesados): 16.788 (vehículos de más de cuatro llantas)

PLANILLA DE CÁLCULO DE ESPESORES

Valor CBR subrasante: 7 %			Esesor losa de Hormigón: 22,2 cm
Módulo k de subrasante: 37,5 MPa/m 138,2 pci			
Módulo k combinado: 10,2 MPa/m 37,5 pci			
Módulo de rotura: 4,4819 Mpa 650,0 psi			
Varianza de resistencia: 15% (Método considera 15%)			Esesor subbase: 00,0 cm

Carga por eje (Ton)	Corrección carga por LSF	Repeticiones en el periodo de diseño	Análisis por fatiga		Análisis por erosión	
			Repeticiones admisibles	Acumulación de fatiga	Repeticiones admisibles	Acumulación erosión
EJES SENCILLOS						
Esfuerzo equivalente:		2,0 MPa	290,5 psi			
Relación de esfuerzos:		0,447				
15,4	18,5	-	1	0,0%	38159	0,0%
14,5	17,4	-	5	0,0%	53771	0,0%
13,6	16,3	10	24	41,5%	77360	0,0%
12,7	15,3	23	106	21,5%	114011	0,0%
11,8	14,2	47	475	9,8%	172870	0,0%
10,9	13,1	99	2157	4,6%	271227	0,0%
10,0	12,0	165	9857	1,7%	443846	0,0%
9,1	10,9	364	45424	0,8%	766317	0,0%
8,2	9,8	474	222062	0,2%	1420829	0,0%
7,3	8,7	652	3379295	0,0%	2914271	0,0%
6,4	7,6	906	Ilimitadas		6998898	0,0%
5,4	6,5	2.835	Ilimitadas		22526252	0,0%
4,5	5,4	-	Ilimitadas		163527941	0,0%
3,6	4,4	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
2,7	3,3	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
1,8	2,2	-	Ilimitadas		Ilimitadas	

EJES TANDEM						
Esfuerzo equivalente:		2,0 MPa	295,9 psi			
Relación de esfuerzos:		0,455				
27,2	32,7	-	15	0,0%	10243	0,0%
25,4	30,5	-	70	0,0%	15267	0,0%
23,6	28,3	33	324	10,1%	23355	0,1%
21,8	26,2	66	1512	4,4%	36836	0,2%
20,0	24,0	193	7104	2,7%	60250	0,3%
18,2	21,8	575	33670	1,7%	103013	0,6%
16,3	19,6	1.367	163082	0,8%	186176	0,7%
14,5	17,4	1.436	1842169	0,1%	361678	0,4%
12,7	15,3	2.556	Ilimitadas		775882	0,3%
10,9	13,1	1.520	Ilimitadas		1929687	0,1%
9,1	10,9	1.894	Ilimitadas		6183626	0,0%
7,3	8,7	2.093	Ilimitadas		35472647	0,0%
5,4	6,5	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
3,6	4,4	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
1,8	2,2	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
			Total Fatiga =	100,0%	Total Erosión =	3,0%

NOTA IMPORTANTE: En esta versión del método de la Asociación del Cemento Portland de los EE.UU. no se consideraron los efectos del clima sobre los materiales de las diferentes capas del pavimento, por lo tanto no se incluyen variaciones de humedad y temperatura en la subrasante, subbase y losa de hormigón. El modelo de elementos finitos empleado para el desarrollo de este método consideraba solamente losas planas totalmente apoyadas y sin alabeo, sin embargo una gran cantidad de estudios verificaron que las tensiones generadas por alabeo combinado con cargas de tráfico son mucho mayores debido a la falta de soporte que se produce por la curvatura de las losas.

Anexo H, Diseño del pavimento para un periodo de 20 años por el método del PCA

Diseño de Pavimentos de Hormigón							
Método de la Portland Cement Association PCA 84							
Christian O. Rojas Torrico Ingeniero civil, Magister en Ingeniería Vial	Cochabamba - Bolivia christianrojas@hotmail.com						
Datos Generales							
Proyecto:	Diseño de Espesor de Losa de la Vía 1						
Tipo de carretera:	TIPO 2						
Numero de carriles por sentido:	1						
Bermas de hormigón:	No						
Barras pasajuntas:	Si						
Tipo de subbase:	Granular						
Observaciones adicionales:							
Periodo de diseño:	20 años						
Tipo de distribución de cargas de tráfico:	Pesado tipo 2						
% camiones que circulan sobre el borde del pavimento:	6,0 % (Método PCA considera el 6%)						
Factor de seguridad de cargas:	1,2						
T.P.D.A. (incluyendo vehículos livianos)=	668,00 vehículos/día						
Porcentaje de vehículos pesados en el tráfico:	31,9%						
Tasa de crecimiento anual:	2,0%						
Factor de distribución por carril:	1,00						
Factor direccional:	50%						
	Cálculo de espesor por Fatiga						
	Cálculo de espesor por Erosión						
Tráfico de diseño (solo camiones pesados):	943.426 (vehículos de más de cuatro llantas)						
PLANILLA DE CÁLCULO DE ESPESORES							
Valor CBR subrasante:	14,2 %				Espesor losa de Hormigón:	19,5 cm	
Módulo k de subrasante:	62,3 MPa/m	229,7 pci			Espesor subbase:	15,0 cm	
Módulo k combinado:	74,7 MPa/m	275,8 pci					
Módulo de rotura:	4,4819 Mpa	650,0 psi					
Varianza de resistencia:	15% (Método considera 15%)						
Carga por eje (Ton)	Corrección carga por LSF	Repeticiones en el periodo de diseño	Análisis por fatiga		Análisis por erosión		
			Repeticiones admisibles	Acumulación de fatiga	Repeticiones admisibles	Acumulación erosión	
EJES SENCILLOS							
Esfuerzo equivalente:		1,7 MPa		241,2 psi			
Relación de esfuerzos:		0,371					
15,4	18,5	-	114	0,0%	137499	0,0%	
14,5	17,4	-	392	0,0%	193294	0,0%	
13,6	16,3	550	1353	40,7%	277986	0,2%	
12,7	15,3	1.278	4694	27,2%	410713	0,3%	
11,8	14,2	2.614	16379	16,0%	626920	0,4%	
10,9	13,1	5.582	57482	9,7%	996450	0,6%	
10,0	12,0	9.277	211799	4,4%	1668262	0,6%	
9,1	10,9	20.441	1556170	1,3%	2995270	0,7%	
8,2	9,8	26.652	Ilimitadas		5947040	0,4%	
7,3	8,7	36.636	Ilimitadas		13866724	0,3%	
6,4	7,6	50.886	Ilimitadas		44066608	0,1%	
5,4	6,5	159.301	Ilimitadas		361453082	0,0%	
4,5	5,4	-	Ilimitadas		Ilimitadas		
3,6	4,4	-	Ilimitadas		Ilimitadas		
2,7	3,3	-	Ilimitadas		Ilimitadas		
1,8	2,2	-	Ilimitadas		Ilimitadas		
EJES TANDEM							
Esfuerzo equivalente:		1,4 MPa		201,2 psi			
Relación de esfuerzos:		0,309					
27,2	32,7	-	36302	0,0%	143660	0,0%	
25,4	30,5	-	102475	0,0%	211699	0,0%	
23,6	28,3	1.848	332753	0,6%	321476	0,6%	
21,8	26,2	3.715	2123741	0,2%	506377	0,7%	
20,0	24,0	10.830	Ilimitadas		835082	1,3%	
18,2	21,8	32.332	Ilimitadas		1461965	2,2%	
16,3	19,6	76.811	Ilimitadas		2778308	2,8%	
14,5	17,4	80.702	Ilimitadas		5964192	1,4%	
12,7	15,3	143.617	Ilimitadas		15728559	0,9%	
10,9	13,1	85.400	Ilimitadas		64830381	0,1%	
9,1	10,9	106.430	Ilimitadas		3105094942	0,0%	
7,3	8,7	117.633	Ilimitadas		Ilimitadas		
5,4	6,5	-	Ilimitadas		Ilimitadas		
3,6	4,4	-	Ilimitadas		Ilimitadas		
1,8	2,2	-	Ilimitadas		Ilimitadas		
			Total Fatiga =	100,0%	Total Erosión =	13,6%	
<small>NOTA IMPORTANTE: En esta versión del método de la Asociación del Cemento Portland de los EEUU, no se consideraron los efectos del clima sobre los materiales de las diferentes capas del pavimento, por lo tanto no se incluyen variaciones de humedad y temperatura en la subrasante, subbase y losa de hormigón. El modelo de elementos finitos empleado para el desarrollo de este método consideraba solamente losas planas totalmente apoyadas y sin alabeo, sin embargo una gran cantidad de estudios verificaron que las tensiones generadas por alabeo combinado con cargas de tráfico son mucho mayores debido a la falta de soporte que se produce por la curvatura de las losas.</small>							

Diseño de Pavimentos de Hormigón Método de la Portland Cement Association PCA 84

Christian O. Rojas Torrico
Ingeniero civil, Magister en Ingeniería Vial

Cochabamba - Bolivia
christianrojas_@hotmail.com

Datos Generales

Proyecto:	Diseño de Espesor de Losa de la Vía 4		
Tipo de carretera:	TIPO 2		
Numero de carriles por sentido:	1		
Bermas de hormigón:	No		
Barras pasajuntas:	Si		
Tipo de subbase:	Granular		
Observaciones adicionales:			
Período de diseño:	20	años	
Tipo de distribución de cargas de tráfico:	Pesado tipo 2		
% camiones que circulan sobre el borde del pavimento:	6,0	% (Método PCA considera el 6%)	
Factor de seguridad de cargas:	1,2		
T.P.D.A. (incluyendo vehículos livianos)=	353,00	vehículos/día	
Porcentaje de vehículos pesados en el tráfico:	22,6%		
Tasa de crecimiento anual:	2,0%		
Factor de distribución por carril:	1,00	Cálculo de espesor por Fatiga	
Factor direccional:	50%	Cálculo de espesor por Erosión	
Tráfico de diseño (solo camiones pesados):	353.131	(vehículos de más de cuatro llantas)	

PLANILLA DE CÁLCULO DE ESPESORES							
Valor CBR subrasante:	13,7 %					Espesor losa de Hormigón:	18,9 cm
Módulo k de subrasante:	60,8 MPa/m	224,2 pci					
Módulo k combinado:	73,2 MPa/m	270,1 pci					
Módulo de rotura:	4,4819 Mpa	650,0 psi					
Varianza de resistencia:	15% (Método considera 15%)					Espesor subbase:	15,0 cm
Carga por eje (Ton)	Corrección carga por LSF	Repeticiones en el periodo de diseño	Análisis por fatiga		Análisis por erosión		
			Repeticiones admisibles	Acumulación de fatiga	Repeticiones admisibles	Acumulación erosión	
EJES SENCILLOS							
Esfuerzo equivalente:		1,8 MPa	253,9 psi				
Relación de esfuerzos:		0,391					
15,4	18,5	-	35	0,0%	102792	0,0%	
14,5	17,4	-	129	0,0%	144492	0,0%	
13,6	16,3	206	476	43,2%	207658	0,1%	
12,7	15,3	478	1765	27,1%	306330	0,2%	
11,8	14,2	978	6578	14,9%	466275	0,2%	
10,9	13,1	2.089	24664	8,5%	737632	0,3%	
10,0	12,0	3.472	93089	3,7%	1225454	0,3%	
9,1	10,9	7.651	439377	1,7%	2172271	0,4%	
8,2	9,8	9.976	9127617	0,1%	4218350	0,2%	
7,3	8,7	13.713	Ilimitadas		9428053	0,1%	
6,4	7,6	19.047	Ilimitadas		27144519	0,1%	
5,4	6,5	59.628	Ilimitadas		148270492	0,0%	
4,5	5,4	-	Ilimitadas		Ilimitadas		
3,6	4,4	-	Ilimitadas		Ilimitadas		
2,7	3,3	-	Ilimitadas		Ilimitadas		
1,8	2,2	-	Ilimitadas		Ilimitadas		
EJES TANDEM							
Esfuerzo equivalente:		1,5 MPa	210,8 psi				
Relación de esfuerzos:		0,324					
27,2	32,7	-	16460	0,0%	110389	0,0%	
25,4	30,5	-	48830	0,0%	162636	0,0%	
23,6	28,3	692	146316	0,5%	246728	0,3%	
21,8	26,2	1.390	606356	0,2%	387811	0,4%	
20,0	24,0	4.054	8108945	0,0%	637048	0,6%	
18,2	21,8	12.102	Ilimitadas		1107657	1,1%	
16,3	19,6	28.751	Ilimitadas		2079849	1,4%	
14,5	17,4	30.207	Ilimitadas		4366896	0,7%	
12,7	15,3	53.757	Ilimitadas		10996738	0,5%	
10,9	13,1	31.966	Ilimitadas		39899335	0,1%	
9,1	10,9	39.838	Ilimitadas		544205978	0,0%	
7,3	8,7	44.031	Ilimitadas		Ilimitadas		
5,4	6,5	-	Ilimitadas		Ilimitadas		
3,6	4,4	-	Ilimitadas		Ilimitadas		
1,8	2,2	-	Ilimitadas		Ilimitadas		
			Total Fatiga =	100,0%	Total Erosión =	6,9%	

NOTA IMPORTANTE: En esta versión del método de la Asociación del Cemento Portland de los EE.UU. no se consideraron los efectos del clima sobre los materiales de las diferentes capas del pavimento, por lo tanto no se incluyen variaciones de humedad y temperatura en la subrasante, subbase y losa de hormigón. El modelo de elementos finitos empleado para el desarrollo de este método consideraba solamente losas planas totalmente apoyadas y sin alabeo, sin embargo una gran cantidad de estudios verificaron que las tensiones generadas por alabeo combinado con cargas de tráfico son mucho mayores debido a la falta de soporte que se produce por la curvatura de las losas.

Diseño de Pavimentos de Hormigón
Método de la Portland Cement Association PCA 84

Christian O. Rojas Torrico
Ingeniero civil, Magister en Ingeniería Vial

Cochabamba - Bolivia
christianrojas@hotmail.com

Datos Generales

Proyecto: Diseño de Espesor de Losa de la Vía 6
Tipo de carretera: TIPO 2
Numero de carriles por sentido: 1
Bermas de hormigón: No
Barras pasajuntas: Si
Tipo de subbase: Granular
Observaciones adicionales:

Período de diseño: 20 años
Tipo de distribución de cargas de tráfico: Pesado tipo 2
% camiones que circulan sobre el borde del pavimento: 6,0 % (Método PCA considera el 6%)
Factor de seguridad de cargas: 1,2

T.P.D.A. (incluyendo vehículos livianos)= 329,00 vehículos/día
Porcentaje de vehículos pesados en el tráfico: 28,5%
Tasa de crecimiento anual: 2,0%
Factor de distribución por carril: 1,00
Factor direccional: 50%

Cálculo de espesor por Fatiga

Cálculo de espesor por Erosión

Tráfico de diseño (solo camiones pesados): 415.488 (vehículos de más de cuatro llantas)

PLANILLA DE CÁLCULO DE ESPESORES

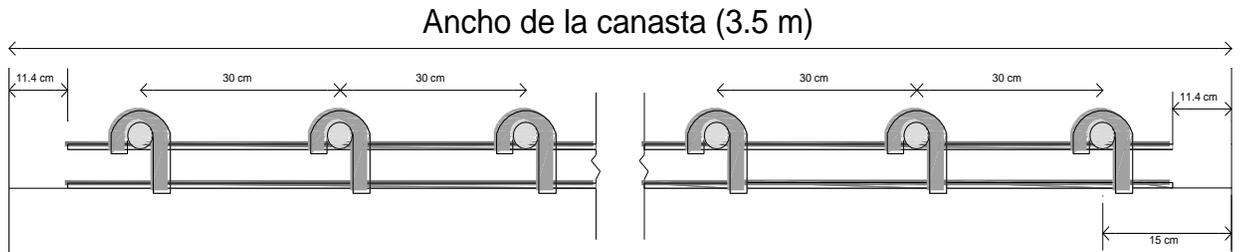
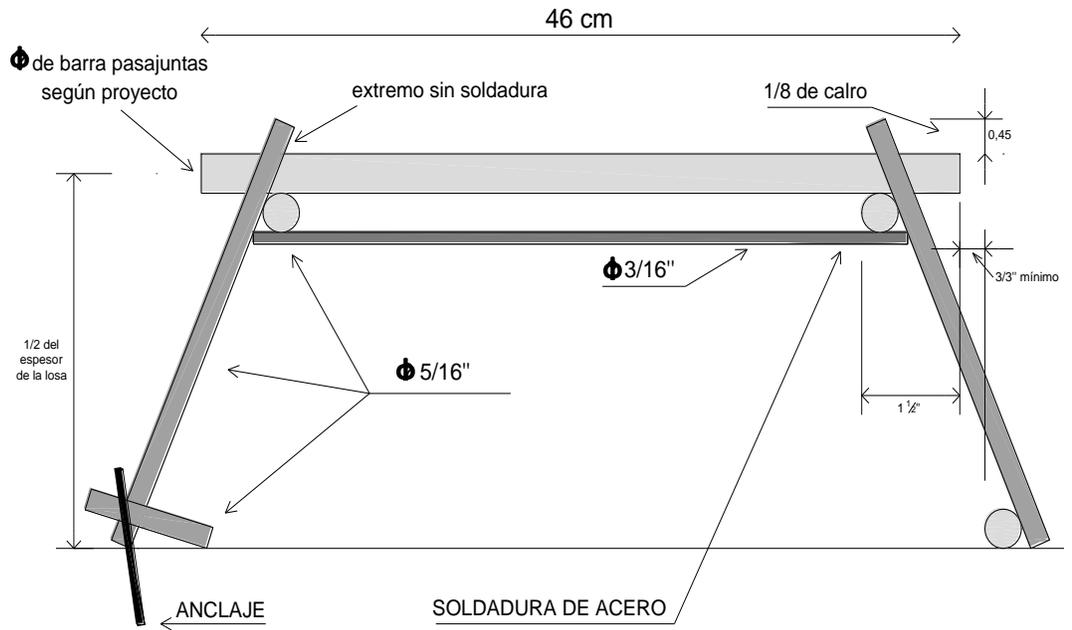
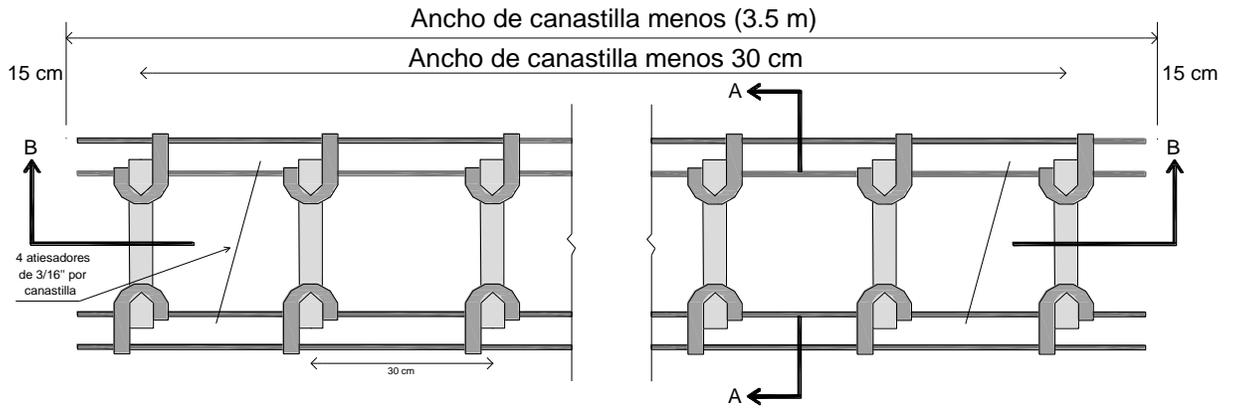
Valor CBR subrasante: 7 %			Esesor losa de Hormigón: 20,0 cm
Módulo k de subrasante: 37,5 MPa/m 138,2 pci			
Módulo k combinado: 48,6 MPa/m 179,3 pci			
Módulo de rotura: 4.4819 Mpa 650,0 psi			
Varianza de resistencia: 15% (Método considera 15%)			
			Esesor subbase: 15,0 cm

Carga por eje (Ton)	Corrección carga por LSF	Repeticiones en el periodo de diseño	Análisis por fatiga		Análisis por erosión	
			Repeticiones admisibles	Acumulación de fatiga	Repeticiones admisibles	Acumulación erosión
EJES SENCILLOS						
Esfuerzo equivalente:		1,7 MPa	251,7 psi			
Relación de esfuerzos:		0,387				
15,4	18,5	-	43	0,0%	156196	0,0%
14,5	17,4	-	157	0,0%	219617	0,0%
13,6	16,3	242	571	42,4%	315995	0,1%
12,7	15,3	563	2092	26,9%	467295	0,1%
11,8	14,2	1.151	7708	14,9%	714383	0,2%
10,9	13,1	2.458	28570	8,6%	1138296	0,2%
10,0	12,0	4.086	106595	3,8%	1913393	0,2%
9,1	10,9	9.002	529993	1,7%	3458152	0,3%
8,2	9,8	11.738	14269200	0,1%	6945624	0,2%
7,3	8,7	16.135	Ilimitadas		16563002	0,1%
6,4	7,6	22.410	Ilimitadas		55639442	0,0%
5,4	6,5	70.157	Ilimitadas		612774594	0,0%
4,5	5,4	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
3,6	4,4	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
2,7	3,3	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
1,8	2,2	-	Ilimitadas		Ilimitadas	

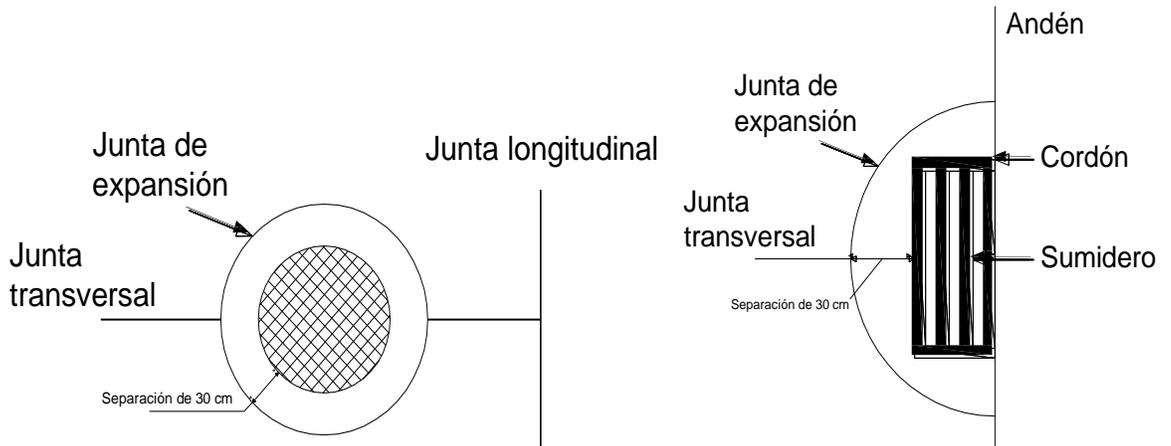
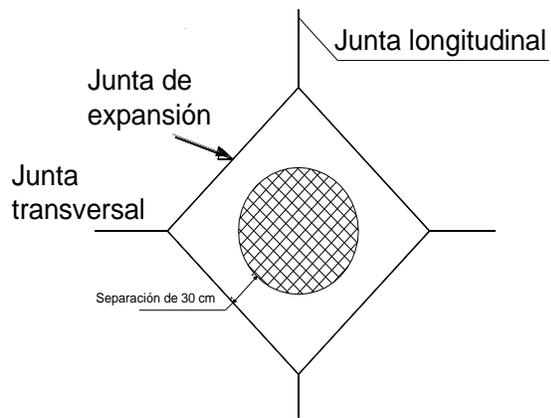
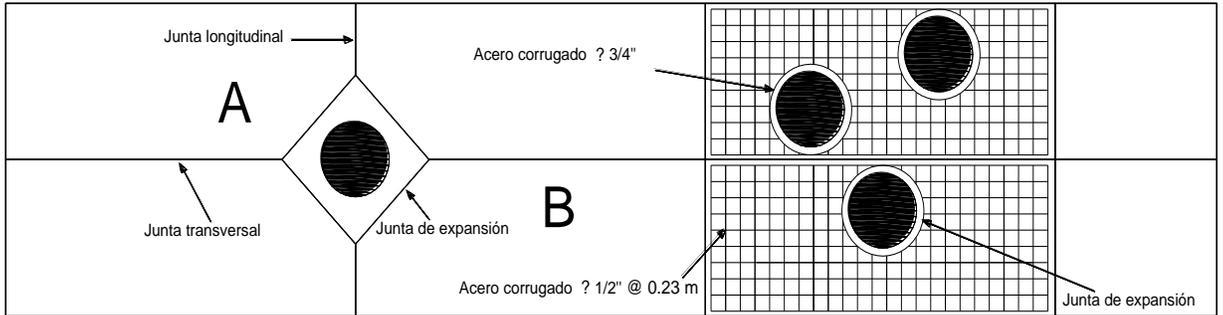
EJES TANDEM						
Esfuerzo equivalente:		1,5 MPa	217,1 psi			
Relación de esfuerzos:		0,334				
27,2	32,7	-	9792	0,0%	135510	0,0%
25,4	30,5	-	30010	0,0%	199673	0,0%
23,6	28,3	814	92423	0,9%	303133	0,3%
21,8	26,2	1.636	325924	0,5%	477229	0,3%
20,0	24,0	4.769	2541205	0,2%	786258	0,6%
18,2	21,8	14.230	Ilimitadas		1374216	1,0%
16,3	19,6	33.828	Ilimitadas		2604030	1,3%
14,5	17,4	35.541	Ilimitadas		5560340	0,6%
12,7	15,3	63.249	Ilimitadas		14499878	0,4%
10,9	13,1	37.610	Ilimitadas		57876497	0,1%
9,1	10,9	46.872	Ilimitadas		1801676815	0,0%
7,3	8,7	51.806	Ilimitadas		Ilimitadas	
5,4	6,5	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
3,6	4,4	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
1,8	2,2	-	Ilimitadas		Ilimitadas	
			Total Fatiga =	100,1%	Total Erosión =	6,1%

NOTA IMPORTANTE: En esta versión del método de la Asociación del Cemento Portland de los EEUU, no se consideraron los efectos del clima sobre los materiales de las diferentes capas del pavimento, por lo tanto no se incluyen variaciones de humedad y temperatura en la subrasante, subbase y losa de hormigón. El modelo de elementos finitos, empleado para el desarrollo de este método consideraba solamente losas planas totalmente apoyadas y sin alabeo, sin embargo una gran cantidad de estudios verificaron que las tensiones generadas por alabeo combinado con cargas de tráfico son mucho mayores debido a la falta de soporte que se produce por la curvatura de las losas.

Diseño de la canastilla



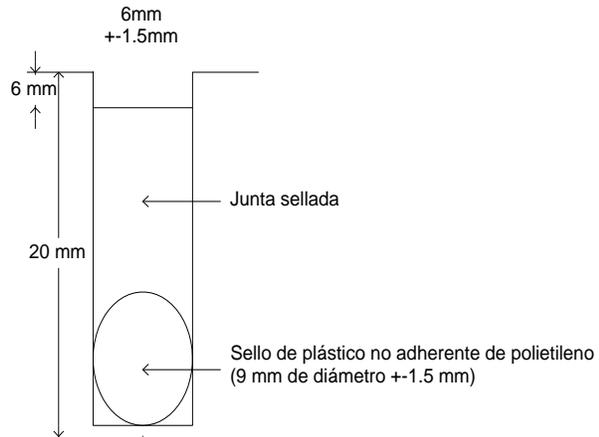
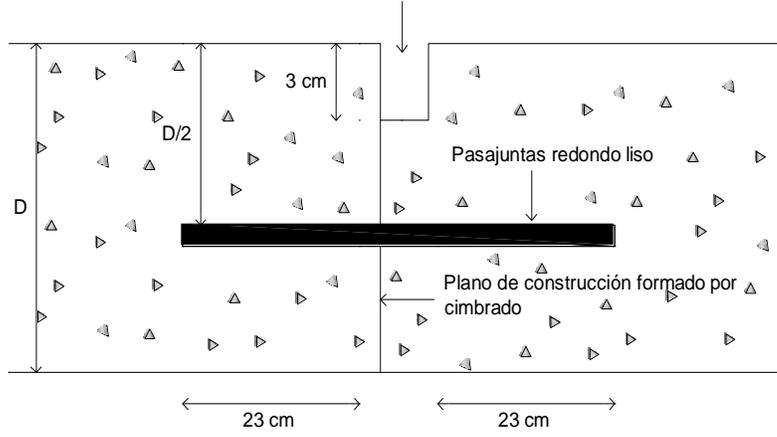
Remodulación en losas con presencia de pozos y sumideros



Pasadores y Juntas de Dilatación

D = Espesor de la losa de pavimento

Ver detalle de la construcción de la junta



Anexo I, Análisis de precios unitarios a las alternativas de solución

DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER			ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				
MUNICIPIO DE OCAÑA			COMUNA 6				
ACTIVIDAD: Localización y Replanteo					ITEM: 1.1 UNIDAD : M2		
EQUIPO							
Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	Valor-parc		
Sub-Total					\$ 0,00		
MATERIALES EN OBRA							
Descripción	Global	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	Valor-parc		
ESTACAS, PINTURA, TACHUELAS, HILO	Global			650			
Sub-Total					\$ 650,00		
TRANSPORTE							
Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	Valor-parc	
Sub-Total					\$ 0,00		
MANO DE OBRA							
Trabajador	Jornal	Cuadrilla	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	Valor-parc
OFICIAL	\$ 35.725,00	35725	1,85	66091	200	\$ 330,46	
OBRERO (2)	\$ 25.150,00	50300	1,85	93055	200	\$ 465,28	
Sub-Total						\$ 795,73	
Total Costo Directo						\$ 1.445,73	

**NORTE DE SANTANDER
MUNICIPIO DE OCAÑA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS
COMUNA 6**

ACTIVIDAD:

Corte y Demolición de Pavimento rígido existente

ITEM : 1.2

UNIDAD : M2

HERRAMIENTA Y EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	Valor-parc
CORTADORA		\$ 75.000,00	140	\$ 535,71	
HERRAMIENTA MENOR (10%) M.O				\$ 1.329,36	
				Sub-Total	\$ 1.865,07

MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	Valor-parc
				Sub-Total	

TRANSPORTE

Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	Valor-parc
					Sub-Total	\$ 0,00

MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Cuadrilla	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	Valor-parc
OBRERO (1)	\$ 25.150,00	25150	1,85	46528	3,5	\$ 13.293,57	
						Sub-Total	\$ 13.293,57

Total Costo Directo

\$ 15.158,64

**NORTE DE SANTANDER
MUNICIPIO DE OCAÑA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS
COMUNA 6**

**ACTIVIDAD:
EXCAVACIÓN MATERIAL COMÚN**

**ITEM 1.3
UNIDAD : M2**

HERRAMIENTA Y EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	Valor-parc
MOTONIVELADORA		\$ 105.000	7,0	\$ 15.000	
HERRAMIENTA MENOR (10%) M.O				\$ 664,68	
				Sub-Total	\$ 15.665

MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	Valor-parc
				Sub-Total	\$ 0,00

TRANSPORTE

Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	Valor-parc
				Sub-Total	\$ 0,00	

MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Cuadrilla	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	Valor-parc
OBRERO (4)	\$ 25.150	100600	1,85	186110	28	\$ 6.647	
				Sub-Total		\$ 6.647	

Total Costo Directo \$ 22.311

ACTIVIDAD
Suministro e Instalación de Base Granular e= 0,15 mts.

ITEM 1.5
UNIDAD : M3

HERRAMIENTA Y EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	Valor-parc
MOTONIVELADORA		\$ 105.000	25,00	\$ 4.200	
COMPACTADOR VIBRATORIO		\$ 70.000	25,00	\$ 2.800	
CARRO-TANQUE		\$ 50.000	25,00	\$ 2.000	
Herramienta menor (10% M.O.)		0,10		840,67	
				Sub-Total	\$ 9.841

MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	Valor-parc
MATERIAL DE BASE GRANULAR	M3	\$ 32.050	1,3	\$ 41.024	
SEÑAL PREVENTIVA				\$ 650	
DESPERDICIO 5%				\$ 2.051	
				Sub-Total	\$ 43.725

TRANSPORTE

Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	Valor-parc
TARIFA DE TRANSPORTE MATERIAL DE BASE, SUBBASE Y PETREOS	1,3	30,00	39,00	650,00	\$ 25.350	
				Sub-Total	\$ 25.350	

MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Cuadrilla	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	Valor-parc
OFICIAL	\$ 35.725	35.725,00	1,85	66.091,25	30,00	\$ 2.203	
OBRERO(4)	\$ 25.150	100.600,00	1,85	186.110,00	30,00	\$ 6.204	
						Sub-Total	\$ 8.407

Total Costo Directo **\$ 87.323**

ACTIVIDAD
Concreto 3000 PSI e= 0,20 mts.

ITEM: 1.6
UNIDAD : M2

HERRAMIENTA Y EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	Valor-parc
MEZCLADORA DE CONCRETO (1 BULTO)		\$ 6.250,00	2,50	\$ 2.500,00	
HERRAMIENTA MENOR (10%MO)				\$ 1.371,16	
				Sub-Total	\$ 3.871,16

MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	Valor-parc
CONCRETO 3000 PSI	M3	321.557	0,200	\$ 64.311,40	
DESPERDICIO 5%				\$ 3.215,57	
				Sub-Total	\$ 67.526,97

TRANSPORTES

Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	Valor-parc
CONCRETO 3000 PSI		15,0	13,0	1.000,00	\$ 13.000,00	
					Sub-Total	\$ 13.000,00

MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Cuadrilla	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	Valor-parc
OBREROS (3)	\$ 25.150,00	\$ 75.450,00	1,85	139.582,50	15,00	\$ 9.305,50	
OFICIAL	\$ 35.725,00	\$ 35.725,00	1,85	66.091,25	15,00	\$ 4.406,08	
						Sub-Total	\$ 13.711,58

Total Costo Directo	\$ 98.110,00
----------------------------	---------------------

ACTIVIDAD
Hierro para juntas de dilatación.

ITEM 1.6.1
UNIDAD : KG

HERRAMIENTA Y EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	Valor-parc
				\$ 79,57	
HERRAMIENTA MENOR (10%MO)					
				Sub-Total	\$ 79,57

MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	Valor-parc
ACERO DE TRANSFERENCIA DIÁMETRO 5/8"	Kg	3.000	1,000	\$ 3.000,00	
				Sub-Total	\$ 3.000,00

III. TRANSPORTES

Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	Valor-parc
ACERO	0,000	15,0	4,0	200,00	\$ 800,00	
				Sub-Total	\$ 800,00	

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Cuadrilla	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	Valor-parc
OBREROS (2)	\$ 25.150,00	\$ 50.300,00	1,85	93.055,00	200,00	\$ 465,28	
OFICIAL	\$ 35.725,00	\$ 35.725,00	1,85	66.091,25	200,00	\$ 330,46	
				Sub-Total		\$ 795,73	

Total Costo Directo \$ 4.675,00

**NORTE DE SANTANDER
MUNICIPIO DE OCAÑA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS
COMUNA 6**

ACTIVIDAD:
Sello elástico para juntas a base de poliuretano incluye cordón

ITEM 1.7
UNIDAD : ML

EQUIPO Y HERRAMIENTA

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	Valor-parc
IRRIGADOR		\$ 70.000,00	900,00	\$ 77,78	
CORTADORA DE CONCRETO		\$ 8.500,00	6,00	\$ 1.416,67	
HERRAMIENTA MENOR (10%MO)				\$ 293,59	
				Sub-Total	\$ 1.788,04

II. MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	Valor-parc
SEÑAL PREVENTIVA				\$ 5,00	
SILICONA (SIKA FLEX 15 ML O SIMILAR)	Kg	\$ 7.066,53	0,900	\$ 6.359,88	
CORDÓN DE RESPALDO	ml	\$ 500,00	1,050	\$ 525,00	
				Sub-Total	\$ 6.889,88

III. TRANSPORTES

Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	Valor-parc
				Sub-Total	\$ 0,00	

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Cuadrilla	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	Valor-parc
OBREROS (3)	\$ 25.150,00	\$ 75.450,00	1,85	139.582,50	48,00	\$ 2.907,97	
PALETEROS (1)	\$ 21.150,00	\$ 21.150,00	1,85	39.127,50	1.400,00	\$ 27,95	
						Sub-Total	\$ 2.935,92

Total Costo Directo \$ 11.613,83

**NORTE DE SANTANDER
MUNICIPIO DE OCAÑA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS
COMUNA 6**

ACTIVIDAD
Retiro de Esco

ITEM 1.8
UNIDAD : M3

EQUIPO Y HERRAMIENTA

Descripción	Unidad	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	Valor-parc
VOLQUETA 6 m3	Día	\$ 350.000,00	27,00	\$ 12.962,96	
CARGADOR	hm	\$ 85.000,00	27,00	\$ 3.148,15	
HERRAMIENTA MENOR 10% (M.O)				465,28	
				Sub-Total	\$ 16.576,39

MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	Valor-parc
				Sub-Total	\$ 0,00

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	Valor-parc
OBRERO (2)	\$ 50.300,00	1,85	93.055,00	20,00	\$ 4.652,75	
					Sub-Total	\$ 4.652,75

Total Costo Directo **\$ 21.229,14**

**NORTE DE SANTANDER
MUNICIPIO DE OCAÑA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS
COMUNA 6**

**ACTIVIDAD:
INSTALACIÓN Y ADECUACIÓN DE TAPA DE HIERRO FUNDIDO PARA POZOS**

**ITEM 1.9
UNIDAD : UND**

HERRAMIENTA Y EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	Valor-parc
MEZCLADORA DE CONCRETO		\$ 6.500	1	\$ 6.500	
HERRAMIENTA MENOR (10%) M.O				\$ 3.754	
				Sub-Total	\$ 10.254

MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	Valor-parc
TAPA Y ARO TIPO PESADO PARA POZO DE INSPECCIÓN	UND	\$ 159.122	1	\$ 159.122	
TABLÓN	GALÓN	\$ 18.500	0,5	\$ 9.250	
LA DRILLO TOLETE RECOCIDO	UND	\$ 350	20	\$ 7.000	
MORTERO DE PEGA 1:3	M3	\$ 261.500	0,04	\$ 10.460	
				Sub-Total	\$ 185.831,98

TRANSPORTE

Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	Valor-parc
				Sub-Total	\$ 0,00	

MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Cuadrilla	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.	Valor-parc
OBrero (1)	\$ 25.150	\$ 25.150	1,85	46528	3	\$ 15.509	
OFICIAL (1)	\$ 35.725	\$ 35.725	1,85	66091	3	\$ 22.030	
						Sub-Total	\$ 37.540

Total Costo Directo \$ 233.626