

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**PROPUESTA DE PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AFIRMADO
PARA CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DEL PERÚ A FIN DE
MEJORAR SU SERVICIABILIDAD**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR:

Bach. ATIQUIPA NIETO, OLIVER
Bach. ROSALINO OROZCO, GIANCARLO

ASESOR: Mg. Ing. AREVALO LAY VICTOR ELEUTERIO

LIMA- PERÚ

2018

DEDICATORIA

Dedico mi Tesis a mi madre, por su sacrificio y esfuerzo que desde siempre ha dado por mí a lo largo de mis cinco años de estudio, por la confianza y apoyo en todo momento.

Oliver Atiquipa Nieto

La dedico a todos mis seres adorados; los cuales me apoyaron demasiado para seguir adelante en mi carrera y poder lograr la elaboración de la tesis. El agradecimiento es eterno por apoyarme en cada etapa de mi carrera.

Giancarlo Rosalino Orozco

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento principalmente a nuestra casa de estudios, por darnos los mayores conocimientos necesarios de esta maravillosa carrera; así como también a la empresa en la que actualmente laboramos por darnos la oportunidad de trabajar con ellos; y de manera general a todas las personas que estuvieron apoyándonos en este transcurso para lograr convertirnos en ingenieros.

Oliver Atiquipa y Giancarlo Rosalino.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Descripción del problema.....	3
1.2. Formulación del Problema.....	4
1.2.1 Problema Principal	4
1.2.2 Problemas Secundarios.....	4
1.3. Objetivos de la investigación	5
1.3.1. Objetivo General	5
1.3.2. Objetivos Específicos	5
1.4. Delimitación de la investigación:	5
1.5. Justificación e importancia	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes de investigación	8
2.2. Bases Teóricas vinculadas a las variables.....	10
2.2.1. Parámetros de la calidad del afirmado	10
2.2.2. Serviciabilidad.....	18
2.3. Definición de Términos Básicos Según (MTC)	40
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	41
3.1. Hipótesis de la investigación	41
3.1.1. Hipótesis Primaria	41
3.1.1. Hipótesis Secundarias.....	41
3.2. Variables de Estudio	41
3.2.1. Definición conceptual de las variables	41
3.2.2. Operacionalización de las variables	42
CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	43
4.1. Tipo y Nivel de la investigación	43
4.1.1. Tipo	43
4.1.2. Nivel	43

4.2. Diseño de la Investigación	43
4.3. Población y muestra.....	43
4.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	44
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	45
5.1. Recomendaciones Técnicas para carreteras.....	45
5.2. Según el manual de transporte de carreteras (Perú).....	45
5.3. Según manual de transporte de carreteras (Sudáfrica).....	46
5.4. Propiedades más recomendadas por el ARRB (AUSTRALIA).....	50
5.5. Suelos según AASHTO (USA).....	51
5.6. Medición de serviciabilidad mediante Paser Manual – Gravel Roads	52
5.6.1. Condiciones superficiales y las fallas.....	52
5.6.2. Clasificación de Grado Superficial, señal de daño y las medidas de tratamiento.	53
5.6.3. Clasificación del Grado Superficial de Fallas.	54
5.7. Paser Manual Unimproved Roads	55
5.7.1. Grado y evaluación superficial del pavimento	55
5.7.2. Clasificación de condición de los caminos no mejorados.....	57
5.8. Pavement Managment Systems–Manual for Unsealed Roads (Version 1) (Manual para Caminos no pavimentados). – SERVICIABILIDAD.....	57
5.8.1 Formato Inventario de Fallas.....	60
5.9. Comparativa de los suelos con las normas de USA (AASHTO), Sudáfrica, Australia y Perú.	64
5.9.1. USA (AASHTO)	64
5.9.2. Sudáfrica.....	65
5.9.3. Australia	69
5.9.4. Perú.....	70
CAPÍTULO VI: CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	76
6.1. Contrastación de Hipótesis Específica.....	76
6.2. Contrastación de Hipótesis General.....	79
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES.....	84

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
ANEXOS	88
Anexo 1: Matriz De Consistencia	89
Anexo 2: Sistema de Clasificación AASHTO	91
Anexo 3: Clasificación De Cbr – Australia.....	92
Anexo 4: Cuadro Comparativo de Parámetros de Calidad entre Perú y USA	93
Anexo 5: Características de los Materiales de Sud – África y Perú.....	94
Anexo 6: Cuadro Comparativo de los Materiales Usados en Carreteras	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Correlación de los Tipos de suelos AASHTO -SUCS	15
Tabla N° 2 Requisitos de calidad que deben cumplir los materiales	17
Tabla N° 3 Conservación de Plataforma y de Taludes	20
Tabla N° 4 Niveles de Servicio de: PLATAFORMA	21
Tabla N° 5 Niveles de servicio: TALUDES	21
Tabla N° 6 Calzada de afirmado	21
Tabla N° 7 Deterioros o fallas de las no pavimentadas	22
Tabla N° 8 Clase de extensión de los deterioros/fallas de las carreteras no pavimentadas.....	31
Tabla N° 9 Clase de densidad de baches de pavimentos flexibles.....	31
Tabla N° 10 Calificación de condición	31
Tabla N° 11 Tipos de Condición según la calificación de condición	32
Tabla N° 12 Tipos de conservación según la calificación de condición.....	32
Tabla N° 13 Tipo de afirmado	35
Tabla N° 14 IRI (Índice de Rugosidad Internacional).	37
Tabla N° 15 Tipos de Carreteras en el Perú.....	39
Tabla N° 16 Operacionalización de las Variables.....	42
Tabla N° 17 Diseño estructural de pavimentos flexibles (1996) PROYECTO TRH4, Sudáfrica.....	50
Tabla N° 18 Clasificación de Grado Superficial, señal de daño y medidas de tratamiento.....	53
Tabla N° 19 Niveles de severidad de las fallas.....	55
Tabla N° 20 Descripción general del grado de clasificación.....	58
Tabla N° 21 Niveles de severidad de fallas.....	59
Tabla N° 22 Formato para grado estratégico del nivel de la red.....	60
Tabla N° 23 Formato condiciones estratégicas del nivel de red con una cierta información detallada para el mantenimiento del nivel del proyecto.....	61
Tabla N° 24 Formato para el grado detallado del nivel de red.....	62
Tabla N° 25 Formato de evaluación de secciones experimentales.....	63
Tabla N° 26 Cuadro Comparativo de Parámetros de Calidad.....	65
Tabla N° 27 Clasificación del CBR de la subrasante.....	66

Tabla N° 28 Subrasante y capas requeridas de material selecto para categorías A, B, C	67
Tabla N° 29 Características de los materiales en Sud – África.....	67
Tabla N° 30 Rangos sugeridos del módulo elástico para materiales (MPa) con valores esperados en paréntesis	68
Tabla N° 31 Valores sugeridos der módulo elástico para material de la subbase (Mpa)	69
Tabla N° 32 Valores sugeridos para Cterm y ϕ term para material granular	69
Tabla N° 33 División de suelos según Sistema Northcote.....	70
Tabla N° 34 Clasificación de suelos según el tamaño de partículas	70
Tabla N° 35 Clasificación de suelos según índice de Plasticidad.....	72
Tabla N° 36 Valor de Equivalente de Arena (EA).....	72
Tabla N° 37 Clasificación de los suelos según Índice de Grupo	73
Tabla N° 38 Comparativa de los diversos métodos de diseño	74
Tabla N° 39 Comparativa de las normas.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Gravedad 1: Huellas /Hundimiento sensibles al uso pero < 5 cm y 10 cm.	23
Figura N° 2 Gravedad 1: Huellas /Hundimientos entre 5 cm y 10 cm	24
Figura N° 3 Gravedad 1: Huellas /Hundimientos >10 cm	24
Figura N° 4 Gravedad 1: Sensible al usuario, pero < 5 cm.....	25
Figura N° 5 Gravedad 2: Profundidad entre 5 cm y 10 cm.....	26
Figura N° 6 Gravedad 3: Profundidad ≥ 10 cm	26
Figura N° 7 Gravedad 1: Pueden repararse por mantenimiento rutinario.....	27
Figura N° 8 Gravedad 2: Necesita una capa de material adicional.....	28
Figura N° 9 Gravedad 3: Necesita una reconstrucción	28
Figura N° 10 Lodazal	30
Figura N° 11 Cruce de agua	30
Figura N° 12 Velocidades promedio.....	38
Figura N° 13 Clasificación de tipos de pavimentos basados en materiales (Sudáfrica) .	49

RESUMEN

El presente trabajo titulado “Propuesta de nuevos parámetros de calidad del afirmado en carreteras no pavimentadas del Perú según las normas del MTC con el fin de mejorar la servicialidad usando las propuestas de USA, Australia, Sudáfrica. Cuyo objetivo principal fue el de proponer parámetros de calidad del afirmado de carreteras no pavimentadas del Perú según la Norma MTC con el fin de mejorar su servicialidad, usando las propuestas de USA, Sudáfrica, Australia. Se utilizó una metodología descriptiva correlacional. Por ser un estudio comparativo no se desarrolló la prueba de hipótesis de manera analítica mas solo se desarrolló las comparativas y demostrándose que la hipótesis es correcta en el nivel de decir que se puede encontrar las diferencias o similitudes que existe entre los requisitos de calidad del afirmado para carreteras no pavimentadas según la MTC, y otras normativas internacionales y que puede tomarse lo mejor de ellas para poder mejorar la calidad del afirmado, así como mejorar el tiempo de vida del afirmado en carreteras no pavimentadas con respecto a la de Australia que es considerablemente muy baja.

Palabras Clave: Afirmado, serviciabilidad, calidad, carreteras no pavimentadas, granulometría, IRI, plasticidad.

ABSTRACT

The present work entitled "Proposal of new quality parameters of the unpaved road in Peru according to the MTC standards in order to improve the serviceability using the proposals of the USA, Australia, South Africa. Whose main objective is to propose parameters of the quality of the unpaved roads of Peru according to the MTC Standard in order to improve their serviceability, using the proposals of the USA, South Africa, Australia. A correlational descriptive methodology was used. Because it is a comparative study, the hypothesis test was not developed in an analytical way but only developed the comparatives and showing that the hypothesis is correct at the level of saying that one can find the differences or similarities that exist between the quality requirements of the claimed for unpaved roads according to the MTC, and other international regulations and that you can take the best of them to improve the quality of the claimed, as well as improve the life time of the unpaved road in respect of the Australian road that is considerably very low.

Keywords: Affirmed, serviceability, quality, unpaved roads, granulometry, IRI, plasticity.

INTRODUCCIÓN

Actualmente se puede observar el gran crecimiento demográfico y no solo en nuestro país, hace viéndose la gran necesidad de poder unir puntos antes poco transitados o lugares casi inaccesibles requieran de la creación o construcción de nuevas rutas viales de carreteras para así hacer más fácil el tránsito entre ubicaciones distantes tanto para transporte público y carga, es donde toma la mayor importancia el buen desempeño de dichas carreteras visto desde el proceso constructivo.

En nuestro país que es muy diverso tanto en sus territorios y climas, existen muchísimos caminos sobre todo rurales, aquellos por los cuales se transporta sobre todo las cosechas a los puntos de venta del país desde sus lugares de sembrío haciéndose necesario que se sigúan recorriendo, y donde es vital el poder unir a los pueblos en el interior del País.

Por lo expuesto es que surgió el interés de realizar esta investigación, y tomar en consideración los manuales de otros países, ya que muestran diferentes formas y diversos métodos de control sobre agregados (materiales) para un buen afirmado que se usa en carreteras; asegurándose de esta manera mayor duración y serviciabilidad de las mismas, generando un mayor ahorro en mantenimientos, y ampliando más su tiempo de vida y teniendo siempre un funcionamiento constante.

Después de realizar las comparaciones respectivas con las normativas nacionales buscaremos brindar las conclusiones que nos darán mayores lineamientos para buscar solucionar los problemas que se puedan presentar sobre el tema en los diferentes caminos nacionales en las carreteras de tipo no pavimentadas dispuestos en el MTC, que por lo regular se encuentran en constante actualización y necesita de alguna revisión.

En lo que respecta a la calidad de afirmado, cuestionaremos o confirmaremos parámetros planteando de alguna forma la posible mejora en ellos sugiriendo una metodología practica y lo más aproximadamente posible a nuestra realidad, tomando diferentes enfoques concernientes a los diversos métodos de construcción y basado a diversas especificaciones para carreteras de tipo no pavimentadas.

En líneas generales, el presente estudio tiene como finalidad el comparar distintas normas extranjeras, con realidades diversas como políticas, económicas, geográficas, culturales y sociales, las que brindan diferentes formas de enfocar la problemática que

se presentan en carreteras de tipo no pavimentadas con características de un bajo volumen de tránsito. Todas las Normas tienen finalidad de mejorar e incrementar su red de carreteras y tomar lo más destacado para nuestra realidad nacional.

En el capítulo 1, planteamos la problemática referido a la calidad del afirmado y de qué manera esta afecta a la serviciabilidad de las carreteras no pavimentadas. De esta forma planteamos objetivos que ayuden a comprender las consecuencias suscitadas debido a la mala calidad en las carreteras, apoyándonos de normas extranjeras a fin de compararlas y tomar datos que ayuden a mejorar los parámetros solicitados en las normas peruanas.

En el capítulo 2, nos centramos en las normas existentes en el Perú para carreteras no pavimentadas. Habiendo varias normas publicadas por la MTC, tomaremos las relacionadas netamente donde se usen solo firmados para el diseño de las carreteras, ya que nos enfocamos solo en las no pavimentadas. A su vez usamos las normas de mantenimiento de carreteras, para hacer mención a la serviciabilidad, con el cual verificamos de qué manera fallan las carreteras no pavimentadas.

Para el capítulo 3, estudiamos la hipótesis de una forma comparativa con cada una de las 3 normas que usaremos en la tesis.

En el capítulo 4, encontramos el tipo de metodología usada en esta investigación de la presente tesis.

En el capítulo 5, se realizan las comparaciones de las normas peruanas, con normas de 3 países extranjeros, como son el de Estados Unidos, Sudáfrica y Australia. Se realiza las verificaciones de parámetros de calidad del afirmado solicitados en cada norma de cada país extranjero escogido, finalizando con un cuadro de comparaciones de cada parámetro y viendo que norma es más conveniente a usarse en carreteras no pavimentadas.

Por ultimo en el capítulo 6, se realiza la contrastación de las hipótesis planteadas inicialmente.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Se observa ahora, que debido al gran crecimiento demográfico del país hace más que necesaria la construcción de más carreteras o vías de acceso a los puntos más difíciles y sobre todo en las zonas rurales con la finalidad de alcanzar un mayor beneficio económico y abriendo mercados sobre todo buscando una integración entre dichas zonas con los centros económicos más cercanos para la distribución por ejemplo de los productos alimenticios que se cosechan en estas zonas rurales.

La construcción de las carreteras tiene diferentes modalidades y para nuestro estudio nos enfocaremos en las de tipo no pavimentadas, que son carreteras que presentan una superficie de rodadura que está compuesta por materiales de grama o granulares que son sometidas a tratamientos de tipo superficial y que por lo general no son creadas con algún procedimiento o tipo de tratamiento adecuado o teniendo respeto a las normas diversas establecidas a nivel nacional.

Las carreteras de tipo sin pavimentar son necesarias en el desarrollo del país, en general para los países que estamos en vías de desarrollo, y es necesario el ampliar, mejorar y contribuir en el buen funcionamiento de las vías lo que se convierte en nuestro propósito, que mediante la siguiente investigación se quiere dar a conocer mediante nuevas ideas y propuestas basadas en Normas distintas a la del MTC. Son el inicio del progreso en un país, siendo el primer pasó de desarrollo de cualquier localidad, por lo tanto, debemos darle una mejor calidad.

La problemática en general surge debido a que existe un deterioro acelerado de dichas carreteras ocasionado por diversos factores como podríamos nombrar la más resaltante la falta de calidad en el afirmado que se utiliza sin tomar en consideración los materiales adecuados y respetando las normas dadas por el Manual Técnico de Carreteras.

Según este Manual tiene como fin el dejar los parámetros, los requisitos y las condiciones en que se debe dar la actividad de construcción de obras viales para poder llegar a estandarizar los procesos para obtener la mejor calidad de dichas obras, y a su vez también prevenir, también evitar errores constructivos.

Bajo esta perspectiva nuestro país posee bastos caminos que aún sin pavimentar, o no tienen la estructura y composición adecuada, los que necesitan un mayor estudio para una mejor alternativa de solución, sea con afirmado simple, o pavimentación más flexible, o rígida o tal vez mixta. El estado central dentro de sus posibilidades busca ejecutar estas obras, dando prioridad a las más viables a nivel de perfil, y dejando en un mayor tiempo de espera a los caminos que en los estudios no sean viables.

Como alternativas de solución serán, tomar en consideración los parámetros dados por otros países con respecto a los requisitos de calidad del afirmado solicitados en su diseño para carreteras no pavimentadas, tales países escogidos para la presente tesis son USA, Australia, y Sudáfrica y a si comparar con las normas nacionales como son las publicadas por la MTC, de esta manera usarlas o incluirlas dentro de los parámetros solicitados por las normas de la MTC, y que permita solucionar la problemática, asegurando una mayor calidad del afirmado en nuestras carreteras no pavimentadas del Perú.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema Principal

¿De qué manera se podrán utilizar parámetros de calidad del afirmado en carreteras no pavimentadas en el Perú según norma MTC con el fin de mejorar la serviciabilidad usando las propuestas de USA, Australia, Sudáfrica, etc.?

1.2.2. Problemas Secundarios

- a) ¿Qué diferencias existen en la granulometría, CBR, IP del afirmado para carreteras no pavimentadas según la Norma de la MTC y la Norma USA?
- b) ¿La serviciabilidad del afirmado en carreteras no pavimentadas en el Perú es mayor o menor con respecto a la Sudáfrica?
- c) ¿Cuáles son los métodos procedentes de la evaluación de la Norma de Australia para determinar la calidad del afirmado en carreteras no pavimentadas con respecto a nuestra norma del MTC?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

Proponer parámetros de calidad del afirmado en carreteras no pavimentadas del Perú, a fin de mejorar su serviciabilidad a través de análisis de parámetros de otros países.

1.3.2. Objetivos Específicos

- a) Evaluar, los parámetros de granulometría, CBR e IP que se usan en afirmado de carreteras no pavimentadas del Perú, con las Normas de USA, para ser empleadas en nuestro país.
- b) Evaluar la serviciabilidad del afirmado en carreteras no pavimentadas en el Perú con respecto a la Norma de Sudáfrica.
- c) Comparar los métodos procedentes de la evaluación de la Norma de Australia para la calidad del afirmado en carreteras no pavimentadas con respecto a nuestra norma del MTC.

1.3. Delimitación de la investigación:

Delimitación Temporal:

Los datos en este trabajo de investigación tomaran como referencia normativas y bibliografía de los últimos 5 años en base a las actualizaciones de normas del Perú como las del MTC, y los países a comparar como son USA, Australia y Sudáfrica.

Delimitación Espacial

La investigación está dada en la República del Perú, enmarcada en sus tres regiones naturales, y los países con los que se dispondrán las comparaciones respectivas en base a sus manuales de construcción de carreteras no pavimentadas para el año 2018.

Delimitación Temática

En el Perú existen diversos manuales de carreteras con respecto a la construcción de vías y abarcan la normativa nacional vigente y están dadas para la correcta ejecución de obras viales donde es necesario conocer definiciones que nos

acercarán más al conocimiento del tema, así como a conocer los materiales y parámetros a observar y que serán necesarios para la investigación.

1.4. Justificación e importancia

Hernández, R. (2014) señala el porqué de investigación se da manifestando razones por intermedio de la justificación y debemos de demostrar que dicho estudio sea importante y necesario. (p.40).

La correcta construcción de carreteras no pavimentadas con los más altos estándares de calidad es necesaria para nuestros caminos y así poder brindar mayor desarrollo económico a las zonas denominadas rurales, así también para facilitar el abastecimiento de productos agropecuarios a los demás puntos del país, por eso se pretende proponer alternativas en base a experiencias de otros países para así buscar una mejora en la calidad de los afirmados a utilizarse en las carreteras no pavimentadas. Así también buscar otros métodos, formas de mejorar los requisitos de calidad solicitados por las MTC.

1.5.1. Justificación Teórica

Rivas, J. (2012). Si en alguna investigación se persigue la solución en base a de un modelo, se está dando por esto una justificación teórica, o si se propone algunos paradigmas nuevos como ejemplos o modelos. (p. 28).

Por esto justificación teórica existe cuando se desea encontrar reflexión y algún debate de tipo académico sobre conocimientos que existen en la realidad así poder medir resultados encontrados. La investigación busca por la comparación con manuales de diversos países y en base a la conceptualización de términos relacionados al tema de investigación hallar una propuesta de mejora o de sugerencia que pueda complementar la normativa nacional dispuesta por el MTC para encontrar mayores beneficios a la estructura vial de nuestro país desde la construcción adecuada y con los materiales idóneos de carreteras no pavimentadas en zonas rurales.

1.5.2. Justificación Técnica

Criollo, (2012). Indica: Se debe considerar justificación técnica, cuando en su desarrollo se ayuda a resolver alguna problemática o, nos deja algunas estrategias que contribuirían a su solución. (p.13).

Por consiguiente, se busca comparar con otros tipos de manuales de otros países para así acercarlos a la realidad nacional y así buscar una mejora dentro del control de la calidad de los diversos materiales utilizados por lo general en afirmados para carreteras no pavimentadas, ya que la calidad de las carreteras depende mucho del mayor control de calidad de los materiales necesarios para su construcción.

Además, se puede determinar que, al conocer, el mejorar y buscar correctivos se verán reflejados los beneficios para nuestro país dentro de su red de transporte a nivel nacional.

1.5.3. Justificación Social

Enfocado básicamente en aplicación y resultados que el proyecto pueda generar direccionados hacia un aspecto social.

Por consiguiente, se justifica a nivel social en el poder brindar una mejora a las poblaciones sobre todo rurales donde muchas veces encuentran problemas de transporte o al transportar sus productos sobre todo alimentarios a otras partes del país viendo minimizados sus ingresos económicos para su sostenibilidad, ya que las carreteras por donde transitan no presentan las características necesarias para su recorrido de manera normal.

Importancia

La importancia radica en que los requisitos solicitados por el Manual del MTC, a comparación de otros países donde se desarrolla proyectos viales de buena calidad son mucho más estrictos por lo que es importante conocer las realidades en base a investigación bibliográfica para observar que tipo de parámetros utilizan de tal forma que se pueda concluir en una metodología y un control de requisitos que den buenos resultados y mejor aplicación en base a la calidad y factibilidad.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

Basándonos en bibliografía investigada podemos indicar que existe poca información relacionada directamente con nuestro estudio, y específicamente donde se pueda evidenciar algunas comparativas de normas de otros países con las que nos da el MTC, por consiguiente, podemos nombrar fuentes que tengan alguna relación con nuestras variables para acercarnos más al tema y en su conjunto sacar una idea generalizada.

2.1.1. Nacionales

Marón C. (2015) en su trabajo de investigación titulada Evaluación Geológica y Geotécnica de la Carretera Llache- Cala Cala - Progresivas 00+00 Al 17+640 - Pedro Vilcapaza - Puno – Perú, tuvo como objetivo el conocer la importancia del estudio geológico y geotécnico de carreteras y la utilización de materiales básicos así como los mantenimientos respectivos que se deben de tener, con el fin de determinar la correcta conservación de la vía, a su vez se aborda también las descripciones del uso de Gestión de Mantenimiento (GEMA), y de los instructivos de Provias para el mantenimiento vial rutinario de carreteras, para el mayor desarrollo de las comunidades donde los más beneficiados serán los pobladores rurales y el país en general donde habrá mayor abastecimiento de sus productos con carreteras que conecten a los diversos centros comerciales, pueblos y/o la red de vías clasificados en base al decreto clasificador de rutas D.S. N° 036-2011- MTC. Para poder promover el mayor comercio local en la provincia. (p. 127).

Esquivel J. (2016) en su trabajo de tesis titulado Diseño para el mejoramiento de la carretera vecinal tramo: Chulite – Rayambara – la Soledad, distritos de Quiruvilca y Santiago de Chuco, provincia de Santiago de Chuco - La Libertad Perú, cuya finalidad es de ejecutar el Diseño para el Mejoramiento de la Carretera que pasa por la zona, teniendo como punto de partida las normas establecidas del MTC, para de esta manera se pueda encontrar alguna

solución a las deficientes condiciones de la transitabilidad de vehículos por la zona de máxima influencia. Utilizando como metodología algunos estudios como: Levantamiento Topográfico, el Diseño Geométrico la Mecánica de suelos de la Carretera, Lo que dejó ejecutar un óptimo trazo en alineamiento tanto horizontal como el vertical de dicha carretera en estudio y de Impacto Ambiental, y la calidad de materiales a utilizar para su diseño, Así como también para diseño Geométrico también se tomó a una Carpeta de tipo Asfáltica que en Caliente $e = 5$ cm. Estas actividades fueron posibles, con la aplicación de diversos conocimientos de diferentes tipos de ingeniería y en base a la normativa nacional aún vigente que está establecida por MTC, en base a parámetros de diseño estipulados en el amplio Manual de Carreteras, y Diseño geométrico del MTC, así también estudio de suelos, el diseño geométrico, e impacto también medio ambiental, así como los costos y los presupuestos que ayudaran a solucionar problemas y limitaciones a los que se enfrentan los habitantes en ruta y así el mejorar por sobre todo su propio estilo de vida. (p. 28).

2.1.2. Internacionales

Araya A. (2011) en su trabajo traducido al español titulado Características de Materiales granulares sin consolidar para pavimentos, tiene como objetivo central es la caracterización del bajo comportamiento mecánico de materiales de la base del camino granulares no unidos (UGM). Un extenso laboratorio investigación se describe, en la que varios métodos para mejor determinación de las diversas propiedades mecánicas de los materiales granulares se examinan para su aplicabilidad, especialmente en los países en desarrollo. Además, el comportamiento mecánico de materiales granulares no unidos en función de una cierta humedad contenida y un grado de compactación se investiga. La investigación de laboratorio involucra una gran variedad de materiales granulares, principalmente base (sub) tropical de carreteras y materiales de la subbase. Las pruebas realizadas rinden parámetros fundamentales que describen la fuerza, rigidez y resistencia a deformación permanente de materiales ya probados. Además de la base de camino (sub) tropical y los materiales de la subbase, una mezcla de granulado

reciclado ampliamente utilizado en la construcción de pavimento en los Países Bajos y un campo de base y el material de protección contra heladas de Austria se incorporan a una medida en el programa de pruebas de laboratorio. La mayoría de las carreteras en los países en desarrollo están sin pavimentar o tienen una delgada superficie de asfalto, y como consecuencia la base granular y sub-base las capas proporcionan la mayor parte de la capacidad de carga. El resultado de esta investigación también se usa para validar y verificar los resultados de las pruebas RL-CBR. Además, el efecto de factores de influencia tales como contenido de humedad, grado de compactación, material tipo, etc. en el comportamiento mecánico se investiga. Para el sin consolidar materiales base de carreteras granulares, particularmente las gravas naturales, el posible efecto del contenido de humedad del comportamiento mecánico resultó ser más representativo que el del efecto del grado de la compactación. (p. 37).

2.2. Bases Teóricas vinculadas a las variables

2.2.1. Parámetros de la calidad del afirmado

Requisitos de calidad de agregado

La National Academies of Science – Engineering – Medicine, (2018) los agregados abarcan una variedad de materiales dentro de los que se incluyen roca de cantera, arena y grava además de materiales reciclados, artificiales, subproductos, tales como pavimento asfáltico recuperado (RAP) y reciclado agregado de concreto (RCA), horno de escoria de acero (SFS), escoria de alto horno (BFS), y los subproductos de cantera (QB) tipo de agregado y la calidad son factores importantes para poder determinar el uso y la colocación dentro de diversas capas de estructura de un pavimento. Existen amplias variaciones en lo que las agencias de transporte consideran agregados adecuados para aplicaciones específicas pavimento.

En esta síntesis se reunió información y presenta la información relacionada con los requisitos de la calidad de agregados para la construcción de pavimentos. Ambas prácticas actuales de la agencia, así como los resultados de investigación del estado del arte, los lugares, las normas, métodos de

prueba provisionales, y se proporcionan los rangos para diferentes tipos de áridos utilizados en América del Norte. Esto adiciona otros métodos de aseguramiento de la calidad, así como en la frecuencia de muestreo y ensayo establecido. Esta síntesis también proporciona información sobre cómo la calidad agregada ha sido documentada y dependiendo tanto del rendimiento del pavimento estructural y funcional a través de las prácticas y de la experiencia. (p. 84).

Langer (2011). Afirma que aparte de trituración, agregados también se extraen de canteras de arena y de grava, donde el material matriz ha sido transportado desde otra ubicación, ya sea procesos fluviales, glacial, o aluviales para formar depósitos sueltos de arena natural y grava. Normalmente se encuentra en valles de ríos existentes o históricos o más, lecho de roca consolidada, depósito glacial, y los abanicos aluviales de montaña. Arena y de grava constituyen aproximadamente el 42% de la producción total combinado en los Estados Unidos. (p. 23).

Oklahoma DOT (2016) para los agregados gruesos, AASHTO T 85 o ASTM C127, método estándar del tipo de ensayo para la gravedad específica y absorción del agregado grueso, se utiliza. Por ejemplo, Oklahoma DOT requiere esta prueba a realizar en agregados gruesos en las canteras con el fin de calificar estos materiales para ser utilizados en diversos proyectos constructivos. (p. 38).

Byard Schindler y Henkensiefken et al. (2010) para agregados finos, AASHTO T 84 o ASTM C128, método estándar de ensayo para la gravedad específica y absorción de finos, se utiliza. Esta prueba debe realizarse en LWA se usa en aplicaciones de pavimento (particularmente aplicaciones concretas) para asegurar la dosificación de la mezcla y cantidad adicional de agua necesaria para la mezcla. (p. 12).

Oklahoma DOT (2016) AASHTO T 210 o ASTM D3744 / D 3744M, Método Estándar de Prueba para el agregado Índice de Durabilidad. Por ejemplo, Oklahoma DOT requiere esta prueba de agregados gruesos en las canteras

para calificar sus materiales que se utilizarán en proyectos de construcción. (p. 112).

MTC (2014), nos dice del afirmado que, es aquella capa compactada de materiales granulares dispuestos de una manera natural o la ya procesada, mediante una gradación particular que soporta directamente todas las cargas y los esfuerzos de tránsito. Deberá contar con cantidad específica de material fino y cohesivo; debe tener la facilidad de mantener aglutinadas las partículas. Y además servirá como una buena superficie de la rodadura en carreteras que no estén pavimentadas. (p. 21)

MTC (2014), define el pavimento como, aquella estructura de capas diversas que se encuentran por encima de la subrasante de las carreteras para así distribuir y resistir esfuerzos que generan los autos, y así poder mejorar ciertas condiciones de seguridad y, la comodidad para la cantidad de tránsito. Por lo expuesto está formada por las capas: base, la sub base y la capa de rodadura.

Capa de Rodadura como parte superior de un pavimento, puede ser bituminoso (flexible) o también compuesto por cemento Portland (rígido) o adoquines, y su misión es el sostener la acción de la transitabilidad.

Base: Capa inferior de la rodadura, teniendo como función el sostener, distribuir y también transmitir las cargas que se ocasionan. Dicha capa se presenta con un material granular drenante con ($CBR \geq 80\%$) debería tratarse con elementos como el asfalto, cal o con algún cemento.

Subbase: Capa de material con un espesor de diseño, y así aguantar base, como también la carpeta, se emplea como una capa para el drenaje y como un buen controlador de capilaridad de agua. El tipo, de diseño y del dimensionamiento de pavimento, también podría ser opcional, que pueden ser con material granular de ($CBR \geq 40\%$) o tratada con el asfalto, con cal o con el cemento. Los pavimentos que se señalan en el Manual son: Pavimentos Semirrígidos, Flexibles y los rígidos.

Pavimento flexible: es el compuesto de capas granulares (base, y subbase) también especificada como una capa de la rodadura, conformada con

materiales bituminosos, los aglomerantes, los agregados y si se necesitase aditivos. Se toma también en consideración capa de rodadura del tipo asfáltica y sobre las granulares: mezclas asfálticas, mortero asfáltico, el tratamiento superficial de bicapa, los micro pavimentos, macadam asfáltico y las mezclas asfálticas de tipo frío en un ambiente caliente.

Pavimento de tipo semirrígido: compuesta de pavimento que está conformada por las capas asfálticas y con un espesor bituminoso (la carpeta asfáltica en caliente y sobre la base tratada normalmente con asfalto); también se le toma como pavimento semirrígido a la estructura que se encuentra conformada por la carpeta asfáltica que es tratada sobre la base con la cal y el cemento.

Pavimento de tipo rígido: es una estructura del tipo pavimento que se encuentra compuesta por una capa de subbase granular, que a su vez puede ser de base granular, o también estabilizada mediante elementos como cemento, la cal o asfalto, y con una capa de la rodadura de la losa de concreto de un cemento del tipo hidráulico o como también puede ser aglomerante. Dentro de tipos de pavimentos rígidos se dan las diferentes categorías:

- a) Concreto tipo simple que incluye juntas.
- b) Concreto que incluye juntas, como también refuerzo de acero en forma de fibras o de mallas.
- c) Concreto con un refuerzo del tipo continuo. (pp. 21–22).

MTC (2008), respecto a la geología, las carreteras de tipo no pavimentadas o conocidas más como de bajo volumen de tránsito generalmente son de costo relativamente bajo, y poseen algunos atributos de diseño básicamente evitar movimientos de tierra, tomando las estructuras, diseñadas para ciertos espacios de vida útil, así como un corto o de mediano plazo; las capas deben tener un revestimiento granular afirmados con ciertas características que disturbán la naturaleza del lugar o terreno lo más bajo posible. Con estos requerimientos, Un estudio de geología debe incluir un diagnóstico inicial que deje diversas consultas a los más interesados (p.85).

MTC (2008); Una inspección siguiendo el trazo probable del eje de la carretera para poder detectar o poder certificar la presencia o la ausencia de algunos

problemas geológicos que se puedan presentar en la ruta, que puedan afectar las características de los proyectos de construcción de tipo no pavimentadas. El estudio debe de determinar las características de tipo geológicas del terreno de trazo ya definitivo y de los materiales (de canteras), Y definiendo así a las unidades estratigráficas y tomando así las características geológicas destacadas de rocas como suelos y de sensibilidad o de pérdida de estabilidad relacionado a construcción. (p. 118).

Materiales usados en la onstrucción de los afirmados

Propiedades más deseables

- a) Resistencia a deslizamiento
- b) Generar superficie de tipo liso (de baja rugosidad)
- c) Propiedades más cohesivas
- d) Resistencia a pérdida de grava y de erosión
- e) Estabilidad (tipo seca y húmeda)
- f) Permeabilidad relativamente muy baja
- g) Capacidad Buena de distribución de los esfuerzos
- h) Una facilidad para su compactación y su conformación

Materiales más deseables

Gravas arenosas gradadas adecuadamente, con una muy pequeña porción de finos de arcilloso

MTC (2014): Suelos y los pavimentos.

En el Capítulo XI, los Afirmados, nos señala que son clasificadas en:

- a) Las Carreteras de tierra de suelo propio y natural, muy mejorado con la grava elegida por el zarandeo y los finos ligantes.
- b) Las Carreteras gravosas formadas por capa del revestimiento con material natural pétreo sin ser procesado, elegido de manera manual o por el zarandeo de tamaño aproximado de 75 mm.
- c) Las Carreteras afirmadas conformadas por una capa del revestimiento o con materiales de cantera, ya dosificadas de manera natural o por algunos medios mecánicos como él zarandeo, con dosificación, por la combinación

apropiada de los tamaños o los tipos de material: la piedra, arena y los finos o arcilla, siendo el máx. 25 mm. siendo: Afirmados con gravas naturales o con zarandeadas, o los afirmados con las gravas homogenizadas mediante el proceso de chancado.

d) La superficie de la rodadura tratada con los materiales de tipo industriales:

Con una superficie en el terreno para el control de lo que origina el polvo, con los materiales como: aditivos, cloruros, y los productos asfálticos, cemento, la cal u otros tipos de químicos que son estabilizadores. (pp. 118-123).

MTC (2014); En el capítulo IV sección Descripción de Suelos, nos habla de:

Granulometría: distribución de tamaños que tiene el agregado por tamizado según especificaciones técnicas (en Ensayo del MTC E 107). Se puede tomar, con una mayor o una menor aproximación a las propiedades que pudieran ser de sumo interés. El análisis de tipo granulométrico del suelo a estudiar, tiene por fin poder determinar proporción de los elementos constituyentes, clasificados en función o en relación a su tamaño. (p. 25).

Clasificación de los suelos se realiza como el sistema visto en la Tabla N° 1 lo que nos permitirá poder predecir los comportamientos cercanos de los suelos que nos ayudará a poder delimitar los sectores homogéneos desde un punto de vista más geotécnico, entonces se da una correlación de los sistemas más difundido, como el AASHTO y ASTM (SUCS):

Tabla N° 1 Correlación de los Tipos de suelos AASHTO -SUCS

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

Fuente: “Army Corps of Engineers US”, (2013)

MTC (2013). En el Cap. III - Los Afirmados – SECCION 301 AFIRMADOS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Se basa en construcción de una o varias capas del afirmado (con un material granular) como la superficie de la rodadura de carretera, que puede obtenerse de la forma natural o se pueden procesar, siendo aprobados, con o sin adición de aditivos que ayuden a estabilizar los suelos, que disponen sobre la superficie. Los materiales provienen de las canteras. Esto incluirá suministro, transporte, la colocación y la debida compactación del material, en gran conformidad con alineamientos, pendientes y dimensiones dadas en el Proyecto y siendo aprobados por el Supervisor encargado, considerando lo dispuesto en el Manejo medioambiental.

Materiales

En la construcción de los afirmados, se deben utilizar los materiales granulares naturales y procedentes de los excedentes de excavaciones, de las canteras, o de las escorias metálicas, establecidas en el Expediente Técnico y siempre revisados como también aprobadas por el Supervisor; así también podrán resultar de trituración de rocas, de las gravas o estar conformados por la mezcla de los productos de diferentes procedencias.

Las partículas de los agregados deben de ser duros, así como más resistentes y más durables, sin ningún tipo de exceso de las partículas planas, así como de las blandas o que sean desintegrables, sin materia orgánica, o terrones de arcilla o de algunas sustancias que son un tanto perjudiciales. Su limpieza dependerá del uso que se vaya a dar a los diversos materiales. (p. 153).

Para trasladar el material del afirmado a la ubicación de la obra, se requerirá el humedecer y recubrir con una lona para así poder evitar las emisiones del material particulado, que podría enormemente afectar a muchos de los trabajadores y a poblaciones. Los requisitos de la calidad que deben de cubrir los materiales, deberán de ajustarse a las bandas granulométricas siguientes, señalado en la siguiente Tabla N° 2

Tabla Nº 2 Requisitos de calidad que deben cumplir los materiales

Tamiz	%					
	A -1	A -2	C	D	E	F
50 mm (2´´)	100	-				
37,5 mm (1/2´´)	100	-				
25 mm (1´´)	90-100	100	100	100	100	100
19 mm (3/4´´)	65-100	80-100				
9,5 mm (3/8´´)	45-80	65-100	50-85	60-100		
4,75 mm (Nº 04)	30-65	50-85	35-65	50-85	55-100	70-100
2,0 mm (Nº 10)	22-52	33-67	25-50	40-70	40-100	55-100
425 µm (Nº 40)	15-85	20-45	15-30	25-45	20-50	30-70
75 µm (Nº 200)	5-20	5-20	5-10	5-20	6-20	8-25

Fuente: "AASHTO M-147" (2013)

Adicionalmente deben satisfacer los requisitos de calidad como:

Desgaste Los Ángeles : 50% máx. (MTC E 207)

Límite Líquido : 35% máx. (MTC E 110)

Índice de Plasticidad : 4-9% (MTC E 111)

CBR (1) : 40% mín. (MTC E 132)

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0,1" (2,5 mm)

MTC (2013). EQUIPO; Señalado en Subsección 400.03.

a) Subseccion 400.03

Deben de compatibilizar con debidos procedimientos de la construcción ya adoptados y además necesitaran de aprobación de un Supervisor, considerando que posee capacidad y eficiencia que encajen en el programa de la ejecución de las diferentes partidas en las obras y en cumplimiento de todas las exigencias de la Subsección 06.01.

b) Subsección 06.01 EQUIPOS:

El Contratista por su parte mantendrá en las obras los correspondientes equipos más requeridos por sus características a magnitud de las obras y cantidades óptimas, de la forma que garantice la excelente ejecución de acuerdo con lo que indique en los planos, y a las especificaciones de

construcción, a los programas del trabajo y dentro de los plazos previamente establecidos. (pp.237-238)

2.2.2. Serviciabilidad

Factores que afectan la Serviciabilidad

En la actualidad los caminos y, de forma especial, las carpetas de rodadura, se diseñan considerando que de todas formas van a pasar un deterioro progresivo. Es por ello que el debido procedimiento para el diseño más ideal será el que logre predecir, de manera más parecida a lo real, la posible variación del deterioro en el periodo de la ejecución.

Aguila R. (2008). Los factores más posibles que podrán afectar el aspecto de durabilidad en las vías son muy diversos, y su importancia mayor cambia según características de materiales que se utilicen. Los más destacables que actúan sobre el comportamiento de las carreteras son mostrados a continuación: (p.92).

Aguila R. (2008). Tránsito/Solicitaciones: El respectivo tránsito de usuario dispone las soportadas por la estructura de los caminos; siendo conformado por una gran cantidad de vehículos de diversas características y tipos que, por lo tanto, de alguna manera tiene influencia de diferentes maneras en el deterioro. Como es totalmente inaccesible el poder analizar cada tipo de vehículos, se pueden agrupar también por categorías, siendo la más utilizada, una que agrupa los diversos vehículos de tipo livianos como (automóviles y/o las camionetas) en otra categoría, podemos señalar a los camiones más pequeños, es decir de un eje o dos, en cuanto a camiones más pesados como (tráiler, los semitrailers, etc.) están en otra categoría, finalmente, los buses, donde se pueden agregar los interurbanos así como los urbanos.

Medio Ambiente: La participación o en todo caso el efecto que puede dar el medio ambiente en la natural evolución de los deterioros es aquel factor que, en la medida que se dan estudios, toma mayor importancia y una mayor significación. Ello indica, primariamente, que los resultados posibles obtenidos de estudios empíricos en condiciones más medioambientales,

deben ser estrictamente evaluados mucho antes de poder adoptarlos a circunstancias y posibles tipos de condiciones. Se puede determinar que el también el medio ambiente afecta un camino, aunque no sea transitado de manera normal.

Por consiguiente por un lado de observación el medio ambiente básicamente puede alterar las propiedades de algún tipo de los materiales que conforman los caminos, además, crea mayores condiciones que pueden acelerar mayormente el deterioro; el agua por ejemplo de las lluvias altera la capacidad en el correcto aguante de los suelos, ya sean de la subrasante o que conformen la carpeta de la rodadura; el oxígeno del aire y el agua también pueden oxidar el asfalto, generando que las mezclas se formen rígidas con el paso del tiempo no de manera muy inmediata pero si sumatoriamente y, por consiguiente, soportan deflexiones más bajas; la humedad por otra parte y, especialmente, los gradientes que se dan a diario en la temperatura alabea losas en los pavimentos del hormigón, convirtiéndolas más factibles de sufrir los agrietamientos; siendo un factor altamente negativo, el tiempo que se tarda en evacuarse el agua que esta condensada y puede así saturar siendo un factor determinante dentro del proceso de los deterioros, de los pavimentos de hormigón como el asfalto, y otros tipos.

Serviciabilidad (en etapa Inicial); Según algunas investigaciones que están centradas al comportamiento de pavimentos indican que la serviciabilidad en fase inicial es uno de los factores que debe de tenerse en cuenta siempre al poder proyectar la vida y la utilidad en estructuras; un pavimento que puede ser construido con rugosidad inicial un tanto deficiente siempre presentara una inferior serviciabilidad, construido de manera parecida, pero terminado de la mejor manera. Por lo consiguiente no da lo mismo, ni al usuario ni a la empresa que se encargue del mantenimiento, dé un determinado pavimento que presente mayor rugosidad inicial alta que una que es baja; el comportamiento visto del último será mucho mejor siempre que el primero. (pp. 121-133).

La finalidad principal del manual de mantenimiento o también denominado conservación vial, es el de brindar criterios que, si se puedan aplicar a las carreteras o vías para así poder conservarlas en los niveles de servicio más adecuados, y ejecutándolas de forma rutinaria y de manera periódica.

Diariamente se observa, que el desarrollo de las carreteras necesita ser de un mejor nivel y de buen servicio para poder facilitar la mayor y mejor circulación cómoda y de manera más segura para los usuarios, por otro lado, los recursos son muy escasos y tendrá que utilizarse con una mayor eficacia técnica mayor. Por este motivo la prioridad debe basarse en el poder cuidar las carreteras ya existentes y ser más eficientes para poder evitar el posible deterioro y la pérdida de niveles del servicio logrados cuando se edificaron o por ultimo hayan sido reconstruidas. Las no pavimentadas, por ejemplo, necesitara del correcto perfilado de la capa granular de la rodadura, el poder cubrir así los huecos generados por lluvias, o por la limpieza de obras del drenaje, etc.

Niveles de servicio

Indicadores que cuantifican y que califican el posible servicio de una vía, y generalmente se disponen como los límites permitidos los que podrán evolucionar en condición particularmente superficial, o funcional, se seguridad y estructural. Por esto son propios a cada vía y cambiaran en base a los factores variados, como los técnicos y económicos.

Para la determinación de los niveles de servicio, en las siguientes tablas (3,4,5) se muestran diversos niveles del servicio tipo de las vías, para los componentes siguientes:

a) La Conservación de Plataforma y de Taludes

Tabla N° 3 Conservación de Plataforma y de Taludes

Tipo de vía				
1ra	2da	Carretera 1ra clase	Segunda clase	Tercera clase
IMD > 6000	4001 ≤ IMD 6000	2001 ≤ IMD ≤ 4000	400 ≤ IMD 2000	IMD > 400

Fuente: “Manual de carreteras – mantenimiento o conservación vial”, (2014)

Tabla N° 4 Niveles de Servicio de: PLATAFORMA

Parámetro	Medida	Nivel de Servicio						
Reducción del ancho	% máx. de reducción del ancho	0%	0%	0%	0%	0%	0	0%
							%	
Obstáculos	% máximo de obstáculos	0%	0%	0%	0%	0%	0	0%
							%	

Fuente: “Manual de carreteras –conservación vial”, (2014)

Tabla N° 5 Niveles de servicio: TALUDES

Parámetro	Medidas	Nivel de Servicio						
Existencia de elementos peligrosos en el talud	% máx. de elementos peligrosos	0%	0%	0%	0%	0%	0	0%
							%	
Erosión de taludes	% máximo de erosión de Taludes	0%	0%	0%	0%	0%	0	0%
							%	

Fuente: “Manual de carreteras –mantenimiento o conservación vial”, (2014)

b) Conservación de la Calzada de Afirmado

Niveles de servicio: CALZADA DE AFIRMADO, mostrada en la Tabla N° 6

Tabla N° 6 Calzada de afirmado

Parámetro	Medida	Nivel de servicio
Deformación	% máx. De área con deformaciones mayores a 50 mm	5%
Erosión	% máx. De área con erosión mayor a 50 mm	10%
Baches	% máx. De área con baches	0%
Encalaminado	% máx. De área con encalaminados	10%
Lodazal y cruce de agua	% máx. De área con lodazal y cruces de agua	5%
Rugosidad otras nuevas	Característica del tramo de obra nueva	5.0 IRL (*)
Rugosidad con mantenimiento	Característica del tramo con mantenimiento	6.0 IRL (*)
Rugosidad durante servicio	Característica del tramo en tiempo de servicio	8.0 IRL (*)

(*) IRI característico (IRI) a la confiabilidad de 70%

$$IRL_c = IRI_0 + 0.524 \times d$$

$$IRL_p = IRI_0 \text{ promedio}$$

$$d_s = \text{desviación estándar}$$

Fuente: “Manual de suelos y pavimentos”, por MTC (2014)

a) La Conservación de los Pavimentos Flexibles – Calzada /Berma

Para: CALZADA (Tratamiento tipo Superficial)

Para: BERMA (Tratamiento tipo Bituminoso)

Para: BERMA (Concreto tipo Asfáltico)

b) Conservación y cuidado de los pavimentos rígidos – berma/calzada.

c) Muros, drenaje superficial y el drenaje subterráneo.

d) Conservación de los dispositivos de seguridad y de la señalización tipo vial.

e) Conservación y/o cuidado del derecho de vía.

f) Conservación o cuidado de los túneles y de las obras complementarias.

g) Conservación de los puentes.

Inventario de condición – calzada del afirmado

Carreteras sin pavimentar - Tipos de las Fallas / Deterioros y gravedad

La calidad de las carreteras sin pavimentar (afirmados) se pueden calificar de acuerdo a su estado de deterioro, la velocidad en un tiempo aproximado y la sinuosidad de la forma de la trayectoria como el resultado de los diferentes daños de la vía, la cual mostramos en la Tabla N° 7.

Tabla N° 7 Deterioros o fallas de las no pavimentadas

Código daño	Deterioros / fallas	Gravedad
1	Deformación	Huellas/hundimiento más sensible al usuario, pero < 5cm Huellas/hundimiento entre 5 cm y 10 cm Huellas/hundimiento > = 10 cm
2	Erosión	Sensible al usuario, pero profundidad < 5cm Profundidad entre 5cm y 10 cm Profundidad > = 10 cm
3	Baches	Pueden repararse por conservación rutinaria Se necesita una capa de material adicional Se necesita reconstrucción
4	Encalaminado	Sensible al usuario, pero profundidad < 5cm Profundidad entre 5cm y 10 cm3: profundidad > = 10 cm
5 y 6	Lodazal y cruce de agua	Transitabilidad baja en épocas de lluvia, no se definen los niveles de gravedad

Fuente: “Manual de suelos y pavimentos”, por MTC (2014)

Seguidamente, se muestran los diferentes tipos de los deterioros o de fallas:

a) Deterioro / Falla 1: la Deformación

Descripción

Ahuellamiento generado a la deformación o cambio visible de la capa de grava, como también de la subrasante en las huellas del tráfico. Ocasionado por el desgaste particularmente superficial por las huellas de la cantidad de tráfico.

Hundimientos debido a la pérdida de capacidad en el soporte de la subrasante.

Los surcos erosivos no son considerados

Causas

Insuficiencia de tipo estructural por el volumen de tráfico de manera excesiva.

La Geometría de la carretera, como son las curvas agudas, elevan el desgaste de tipo superficial.

El clima y drenaje, hacen que el contenido del agua elevado crea una reducción de la capacidad de aguante de la capa granular y subrasante.

Niveles de gravedad

- 1: Huellas/hundimientos < 5 cm. (Ver figura N° 1).
- 2: Huellas/hundimientos que están entre 5 y 10 cm. (Ver figura N° 2).
- 3: Huellas/hundimientos ≥ 10 cm. (Ver figura N° 3).

Deformaciones



Figura N° 1 Gravedad 1: Huellas /Hundimiento sensibles al uso pero < 5 cm y 10 cm
Fuente: “mantenimiento o conservación vial”, por MTC (2014)



Figura N° 2 Gravedad 2: Huellas /Hundimientos entre 5 cm y 10 cm
Fuente: “Mantenimiento o conservación vial”, por MTC (2014)



Figura N° 3 Gravedad 3: Huellas /Hundimientos >10 cm

Fuente: “Manual de carreteras – mantenimiento o conservación vial”, por MTC (2014)

b) Deterioro / Falla 2: La Erosión

Descripción

Surcos normalmente erosivos generados por posibles escurrimientos paralelos de agua en el eje de carretera; y su gravedad resultara de la posible intensidad ocurrida de los escurrimientos y de la tipología del suelo, en donde incluye el índice de plasticidad y también la granulometría.

Causas

El tipo de topografía muy accidentada con pendientes y curvas que elevan la intensidad de los escurrimientos.

Clima y drenaje; en el caso del drenaje, cuando es deficiente favorece a los escurrimientos por sobre la superficie.

Niveles de Gravedad

- 1: Sensible para el usuario, pero con profundidad < 5 cm. (Ver figura N° 4).
- 2: Profundidad generada entre 5 cm y 10 cm. (Ver figura N° 5).
- 3: Profundidad ≥ 10 cm. (Ver figura N° 6).

Posibles Medidas correctivas

Según sea la posible gravedad de las erosiones y la extensión, se toman las medidas correctivas:

Ningun tipo de medida.

Perfilado sin ningún tipo de compactación.

Perfilado con recapo o regrava parcial y la compactación.

Recapeo o regrava.

Erosión



Figura N° 4 Gravedad 1: Sensible al usuario, pero < 5 cm

Fuente: “Manual de carreteras MTC (2014)



Fuente: “Manual de carreteras – mantenimiento o conservación vial”, por MTC (2014)



Figura N° 6 Gravedad 3: Profundidad ≥ 10 cm

Fuente: “Manual de carreteras – mantenimiento o conservación vial”, por MTC (2014)

c) Deterioro / Falla 3: Baches

Descripción

Los baches o huecos son el resultado de las aguas estancadas en la superficie. El tráfico genera mayor desarrollo. Normalmente, crean estorbo a los automóviles cuando la falla es de tamaño mayor de 0.20 m. Su estado de calificación estará

sujeto al tipo de las medidas correctivas que se requieran (mantenimiento rutinario, recapeo o regrava y no a su reconstrucción.

Causas

Este tipo de la falla se da como resultado de las siguientes causas:

Drenaje defectuoso o inexistente

El clima y el drenaje deficiente favorecen a las aguas estancadas

Niveles o Estatus de Gravedad

1: Pueden arreglarse por un mantenimiento de tipo rutinario (Ver figura N° 7).

2: Necesita de capa de un material adicional (Ver figura N° 8).

3: Necesita de una reconstrucción (Ver figura N° 9).

Medidas netamente correctivas

Según la gravedad del tipo de baches y de su extensión, se pueden considerar medidas netamente correctivas:

Ningún tipo de medida

Perfilado sin realizar compactación

Perfilado con recapeo o regrava parcial , que a su vez se hara la compactación

Recapeo o regrava

Una posible reparación o reconstrucción

Baches



Figura N° 7 Gravedad 1: Pueden ser reparadas por mantenimiento rutinario

Fuente: “Mantenimiento o conservación vial”, por MTC (2014)



Figura N° 8 Gravedad 2: Necesita una capa de material adicional

Fuente: “Manual de carreteras – mantenimiento o conservación vial”, por MTC (2014)



Figura N° 9 Gravedad 3: Necesita una reconstrucción

Fuente: “Manual de carreteras – mantenimiento o conservación vial”, por MTC (2014)

d) Deterioro/Falla 4: Encalaminado

Descripción

Son ondulaciones de la superficie. Del resultado de la posible acción de vibraciones que transmiten los vehículos a los agregados de los materiales de tipo granulométrica o granular.

Niveles de Condición de Gravedad

1: Sensible o perceptible al usuario, con profundidad menor ($<$) a 5 cm

2: Profundidad que esta entre 5 cm y 10 cm

3: Profundidad \geq 10 cm.

Posibles Medidas de tipo correctivas

Según el tipo de gravedad de los baches y de su extensión, se toman las s medidas correctivas:

Ningún tipo de medida.

Perfilado que no tendrá compactación.

Perfilado con recapeo o regrava parcial y de compactación.

Recapeo o regrava.

Reconstrucción o reparación.

e) Falla / Deterioro 5 y 6: Cruce de Agua y Lodazal

Descripción

Es aquel segmento de suelo fino caracterizado por su transitabilidad baja o intransitabilidad en el periodo con épocas de lluvia. En épocas más secas, si no se ejecutan los mantenimientos necesarios, los autos tendrán mayores problemas debido a posibles deformaciones en el material.

Causas

Deterioros de un drenaje en estado deficiente.

Niveles de la Gravedad

No se definen los niveles de gravedad.

Las Medidas correctivas que se adoptaran

Según la dificultad creada por lodazal (figura N° 10) y cruce de agua (figura N° 11), como de los medios financieros con los que se cuenta, se toman las siguientes medidas de tipo correctivas:

Ningún tipo de medida.

Mejoramiento de drenaje.

Mejoramiento tipo geométrico.



Figura N° 10 Lodazal

Fuente: “Manual de carreteras – mantenimiento o conservación vial”, por MTC (2014)



Figura N° 11 Cruce de agua

Fuente: “Mantenimiento o conservación vial”, por MTC (2014)

Proceso de los datos básicos

MTC (2014). El objetivo es el poder calificar el estado de condición superficial de la capa, en este caso el de rodadura de la vía sin pavimentar por las secciones con medidas de 500 m.

Cada sección del alcance de 500 m se califica el tipo de condición de clase superficial de la capa de rodadura, tomando cada falla dependiendo el nivel de la gravedad y de su extensión.

El inicio y el final de los niveles de gravedad de cada punto con un deterioro observado deben ser ubicados. Después estos datos se pasan a procesar como que se muestra en la Tabla N° 8 se define el tipo de extensión para la longitud de la sección de los 500m que presentara la falla, la Tabla N° 9 que aplica en los baches y otras que identifique el proceso de la calificación de la condición o estado superficial de capa de la rodadura en las carreteras sin pavimentar o la afirmada, según la clase de su deterioro. (p. 33).

Tabla N° 8 Clase de extensión de los deterioros/fallas de las carreteras no pavimentadas

Clase	Descripción	Criterio(% del área selección evaluada)
1	Leve	< 10%
2	Moderado	Entre 10 y 30%
3	Severo	> 30%

Fuente: “Mantenimiento o conservación vial”, por MTC (2014)

En cuanto a lo que respecta a los baches se necesita de alguna adicional información para poder calificar la densidad en la zona afectada, la cantidad de baches por zona o sección de 500 m. utiliza la escala observada en la tabla N° 9.

Tabla N° 9 Clase de densidad de baches de pavimentos flexibles

Clase	Descripción	Criterio(% del área selección evaluada)
1	Leve	Menor a 10
2	Moderado	Entre 10 y 20
3	Severo	Mayor a 20

Fuente: “Manual de carreteras – mantenimiento o conservación vial”, por MTC (2014)

La suma no debe sobrepasar a 500 m, por ende, la calificación sale del resultado de la diferencia de la sumatoria total (500), menos la del puntaje del nivel de condición, tal como se señala en la Tabla N° 10:

Tabla N° 10 Calificación de condición

CALIFICACION DE CONDICIÓN=	500 - SUMA PUNTAJE DE CONDICIÓN
CALIFICACION DE CONDICIÓN=	

Fuente: “Mantenimiento o conservación vial”, por MTC (2014)

La calificación del estado o condición representa a la de la capa, en este caso de la rodadura de las carreteras que estén ya afirmadas o las que están sin pavimentar y se puede resumir a tres tipos como:

Bueno

Regular

Malo

Los rangos de calificación se muestran en la Tabla N° 11 y son:

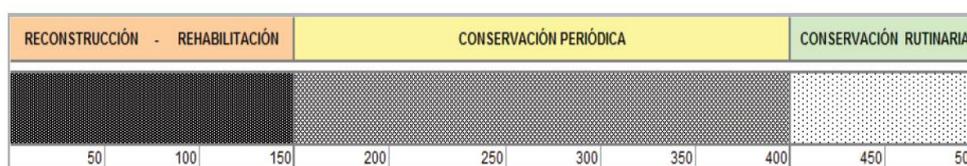
Tabla N° 11 Tipos de Condición según la calificación de condición

Bueno	> 400
Regular	$> 150 \text{ y } \geq 400$
Malo	≥ 150

Fuente: "Manual de carreteras – mantenimiento o conservación vial", por MTC (2014)

Basado al resultado de calificación de la condición se puede calcular el tipo de la conservación a ejecutarse por cada 500 m, el cual se muestran en la tabla N° 12.:

Tabla N° 12 Tipos de conservación según la calificación de condición



Fuente: "Mantenimiento o conservación vial", por MTC (2014)

Instructivo para la Supervisión y la Ejecución

Las actividades dadas para la conservación de las carreteras son aquellos tipos de trabajo que se necesitara realizar, así recuperar; reparar, mantener, ejecutar las mejoras en los sectores y puntos críticos de las carreteras.

Estas se clasifican en:

Por frecuencia que se presentan

a) Conservación Rutinaria

Son las actividades que se dan de manera normal dentro de los presupuestos anuales, y está conformada por las diversas actividades para prevenir el desarrollo de los deterioros en todas las zonas de trabajo o infraestructura

como son: las pistas, túneles y puentes, las señales y los dispositivos de seguridad, drenaje, contención de los taludes, limpieza, derecho de vía, etc. (MTC, 2013 p.112).

Trata de evitar y de ser el caso, poder corregir distintos tipos de daño que dé lugar a la incomodidad o altere la circulación del tránsito generando riesgos de accidentes y deterioros mayores en las carreteras o infraestructura.

b) Conservación Periódica

Es muy diferente, ligada a condiciones o niveles de servicio que se busca recuperar en elementos que forman lo que normalmente en el país se conoce como las calzadas y bermas de la vía, así como correcciones puntuales ocasionadas por alguna inestabilidad en el terreno (terraplenes), que producirán mínimos o pequeños hundimientos y que requieren de una recuperación puntual y localizada de la plataforma, de la superficie de la rodadura y de las obras complementarias.

Capa de afirmado

a) Materiales de afirmado

Varía según la región y fuentes de utilización de los agregados, cantera de río o de cerro, también se puede diferenciar si se usaran como capa superficial o como inferior, este dependerá para dar el tamaño de agregados y porcentaje del material arcilla o fino, cuyo contenido es básica e obligatoria en la carretera del afirmado.

Es una mezcla de materiales o tamaños como: arcilla, piedra o arena.

Si no se da una combinación buena, el afirmado no será el adecuado

Entonces el afirmado como es inadecuado, requiere de porcentaje mayor de piedra, para así poder soportar cargas, y, necesita de un porcentaje de arena que es clasificada según su tamaño para llenar vacíos entre piedras y dar estabilidad a la capa y, un porcentaje mayor de plásticos para así cohesionar los materiales que incluirán a la capa del afirmado.

Existen aplicaciones de los afirmados: su uso como una superficie de rodadura en carreteras de tipo no pavimentadas o como capa mediocre granular o un colchón anticontaminante.

Un afirmado bueno para su capa mediocre, tendrá menor tamaño de las piedras que la capa de la superficie y mínimo porcentaje de materiales finos y arcillas. El motivo es que la capa inferior deberá poseer una buena y una resistencia mayor para poder así soportar las cantidades de cargas del tránsito y también debe de tener la cualidad muy drenante.

b) Gradación de los materiales de la capa del afirmado

Hay muy pocos depósitos naturales de los materiales que tengan alguna gradación adecuada, donde no es necesario procesar y se pueda usar de manera directa, por lo es necesario zarandearlo para poder obtener la granulometría. De manera general, serán agregados naturales y procedentes de excedentes de las excavaciones o de las canteras, o podrán así provenir de la trituración de las rocas y de gravas, o por una mezcla de productos de ambas.

Es más recomendable que las piedras presenten caras fracturadas o las aristas y superficies rugosas; su comportamiento es mejor que piedra lisa redondeada o canto rodado, dándole a la capa la resistencia y la estabilidad bajo cargas actuantes.

La capa en este caso del afirmado estará compactada y perfilada según lo dispuesto en los alineamientos, pendientes y las dimensiones que están indicados en los planos. Sobresalen entonces cuatro los tipos de afirmado y su forma de aplicación es en función del IMD, el espesor de la capa definido en el Manual para el Diseño de las Carreteras, mostrada en la Tabla N° 13.

Dependiendo el tipo del afirmado a usarse, le corresponderá un tipo de granulometría:

Tabla N° 13 Tipo de afirmado

% que pasa por el Tamiz	Trafico T0 y T1: tipo a IMD>50 veh.	Trafico T2: tipo 2 51- 100 veh	Trafico T3: tipo 3 101- 200 veh
50 mm (2´)	100	100	
37.5 mm (1/2´)		95 - 100	100
25 mm (1´)	50 - 80	75 - 95	90 - 100
19 mm (1/4´)			65 - 100
12,5 mm (1/2´)			
9.5 mm (3/8´)		40 - 75	45 - 80
4.75 mm (N°4)	20 - 50	30 - 60	30 - 65
2.36 mm (N°8´)			
2.0 um (N° 10)		20 - 45	22 - 52
4.25 um (N° 40)		15 - 30	15 - 35
75 um (N° 200)	4 - 12	5 - 15	5 - 20
Índice de plasticidad	4 - 9	4 - 9	4 - 9

Fuente: “Manual Técnico de Mantenimiento Periódico y Rutinario para la Red”, por MTC (2006)

Índice o nivel de la condición de la rodadura en este caso superficial

Los caminos sin pavimentados por lo general están sujetos a diversos factores que pueden alterar a la calidad de circulación como:

El Tráfico.

Lluvias (clima).

La calidad en el suelo.

Geometría, el cual incluye pendientes, bombeo y curvas.

Tipo de la superficie o calidad de rodadura.

Para mejor mantenimiento de la vía de tipo periódico en una red vial no pavimentada indica que: La calidad de la superficie de rodadura se mide de la forma internacional mediante el IRI.

IRI conocido como índice de rugosidad internacional, no es más que las diversas variaciones o modificaciones de la altura de un tipo de camino, en relación a un punto o referencia lisa, la cual provoca las vibraciones de los distintos vehículos consecuente del movimiento entre la suspensión, como también del chasis.

Es muy fundamental, porque cuantifica el nivel de rugosidad, la que se asocia directamente con diversos costos de la operación de quienes son en este caso los usuarios, y es medida generalmente por m/Km.

Para medir el IRI, los equipos son:

Perfilómetros portátil, óptico y laser, Merlin etc.

Rugosímetro NAASRA, Mais Meter o Mis II. Su uso depende de la dinámica del vehículo, y amortiguamiento.

a) Influencia del Perfil Longitudinal a la Capa de Rodadura Debido al Tráfico y que es Medido mediante el IRI.

Para la Red Vial Departamental de tipo No Pavimentada se ha establece la clasificación del Estado de la Superficie de la Rodadura en función de criterios sobre los elementos y las condiciones del camino y proponiendo un valor referencial del IRI, los cuales se dan en la Tabla N° 14. Se identifican también las velocidades promedio en la Figura N° 12.

Tabla N° 14 IRI (Índice de Rugosidad Internacional).

Estado del camino		Superficie de rodadura IRI	Criterios y condiciones del camino
Muy mal estado	MM	> 18	<p>La superficie de rodadura presenta elevado deterioro, y grandes deformaciones, hundimientos y los baches.</p> <p>De circulación muy restringida durante la mayor parte del año</p> <p>Obras de arte insuficientes y obras de drenaje insuficientes y colmatadas.</p> <p>La velocidad de circulación es menor a 10 km/h en tramos rectos</p>
Mal estado	M	14 – 18	<p>La superficie de rodadura presenta deterioro, ciertas deformaciones, apreciables, hundimientos y baches.</p> <p>De circulación restringida durante ciertos periodos del año</p> <p>Obras de arte insuficientes y obras de drenaje insuficientes y colmatadas.</p> <p>La velocidad de circulación es menor a 20 km/h en tramos rectos</p>
Regular estado	R	10 - 14	<p>La superficie de rodadura presenta elevado deterioro superficial y baches y hundimientos puntuales</p> <p>De circulación sin restricciones durante el año</p> <p>Obras de arte con daños menores y obras de drenaje parcialmente colmatadas.</p> <p>La velocidad de circulación es aprox. entre 20 y 40 km/h en tramos rectos</p>
Buen estado	B	6 - 10	<p>La superficie de rodadura no presenta deterioro apreciable.</p> <p>De circulación sin restricciones durante el año</p> <p>Obras de arte en buen estado y obras de drenaje limpias</p> <p>La velocidad de circulación es aprox. entre 20 y 40 km/h en tramos rectos</p>
Muy buen estado	MB	4 - 6	<p>La superficie de rodadura sin defectos y con excelente regularidad superficial.</p> <p>De circulación sin restricciones durante el año.</p> <p>Todas las obras de arte y de drenaje en muy buen estado y limpias</p> <p>La velocidad de circulación puede llegar a ser mayor a 60 km/h en tramos rectos</p>

Fuente: “Manual Técnico de Mantenimiento Periódico y Rutinario para la Red Vial No Pavimentada”, por MTC (2006)

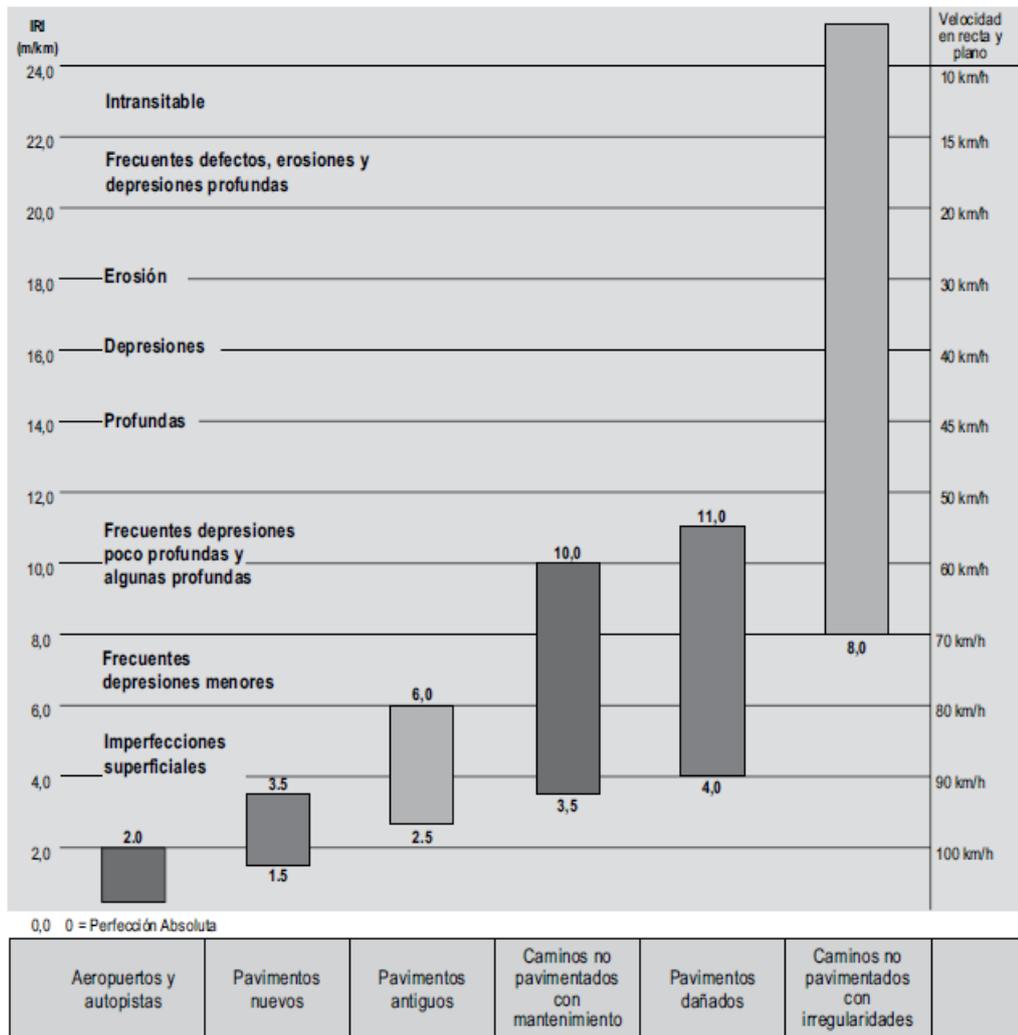


Figura N° 12 Velocidades promedio

Fuente: MTC (2006) (vol. 1).

Las mediciones pueden efectuarse a las velocidades en promedio a 40km y 80 Km. en zonas denominadas rectas; lo que es difícil de lograr debido a la accidentada topografía nacional.

El poder conservar un tipo de circulación más segura, se debe tomarse como la conservación o protección en términos de la calidad básicamente operativa y la referida a la rugosidad superficial de las carreteras con $IRI \leq 10$; y a la uniformidad o igualdad geométrica de trazado, así como también: seguridad vial y señalización. Los equipos son más costosos como el rugosímetro y perfilómetro, los cuales son de una aplicación limitada en las carreteras de características de bajo volumen; una inspección visual sería una buena alternativa.

b) Manual para la conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (vol. III).

Definición de Carreteras del Perú

Para poder señalar la definición de carreteras no pavimentadas debemos conocer que tipos de carreteras existen en nuestro país, lo que se puede ver en la Tabla N° 15

Tabla N° 15 Tipos de Carreteras en el Perú

Función	Tipo de suelo	Características
En función de la demanda	Autopista de 1ra clase	Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6 000 veh/día. La superficie de rodadura de estas carreteras deberá ser pavimentada
	Autopista de 2da clase	Son carreteras con un IMDA entre 6000 y 4 001 veh/día. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.
	Carreteras de 1ra clase	Son carreteras con un IMDA entre 4 000 y 2 001 veh/día. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.
	Carreteras de 2da clase	Son carreteras con IMDA entre 2 000 y 400 veh/día. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.
	Carreteras de 3ra clase	Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente.
En función a la orografía predominante del terreno por donde discurre su trazo	Trochas Carrozables	Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.
	Terreno plano (tipo 1)	Tiene pendientes transversales al eje de la vía, menores o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%), demandando un mínimo de movimiento de tierras, por lo que no presenta mayores dificultades en su trazo.
	Terreno ondulado (tipo 2)	Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6 %, demandando un moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos rectos, alternados con curvas de radios amplios, sin mayores dificultades en el trazo.
	Terreno accidentado (tipo 3)	Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazo.

Fuente: “Manual de carreteras Diseño Geométrico DG-2014”, por MTC (2014)

Según Kraemer C. (2004) señala que los caminos no pavimentados vienen a ser los caminos conformados por el terreno mismo de formación que no poseen revestimientos o tratamiento superficial. En su gran mayoría las características geométricas de un camino no pavimentado en nuestro país, no obedecen a ningún tipo de norma, dichos caminos se encuentran acompañando a la topografía natural. (p.13).

2.3. Definición de Términos Básicos Según (MTC)

Bache: Depresión conformada en el camino, en la superficie de la zona de rodadura, que es producto del gran desgaste ocasionado por el transporte.

Carreteras Afirmadas: Describe a la capa de material tipo granular natural y/o procesado, usado como una superficie de rodadura en las trochas carrosables y carreteras que se ejecutan en la actualidad.

Carreteras Sin Afirmar: Son aquellas a nivel de la sub rasante, que en todo caso son aquellas en donde se ha perdido la superficie de la capa de rodadura inicialmente ejecutada.

Carretera no Pavimentada: Aquella en donde su superficie de rodadura está conformada por afirmados y gravas, suelos estabilizados o también natural.

Carretera Pavimentada: Son aquellas en la que la superficie de capa de rodadura va conformada con concreto portland (rígida) o mezcla bituminosa (flexible).

Red Vial: Carreteras el cual están dentro de una misma clasificación funcional (Nacional, Departamental o Regional, así como Vecinal o Rural).

Trochas: Vía que es transitable pero que no cubre las características básicas en lo que respecta a las geométricas.

Carretera: Vía de uso público, construida básicamente para los vehículos.

Carreteras primarias: Deben funcionar por defecto de tipo pavimentadas.

Carreteras secundarias: Vías que se unen y se conectan con otra carretera primaria pueden funcionar así pavimentadas o de tipo afirmado.

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis de la investigación

3.1.1. Hipótesis Primaria

Encontrando diferencias entre los requisitos de calidad del afirmado para carreteras no pavimentadas según la MTC y normas de otros países, mejoraremos su serviciabilidad.

3.1.1. Hipótesis Secundarias

- a) Existen diferencias en la calidad del afirmado para carreteras no pavimentadas según la MTC en comparación con la Norma USA.
- b) La serviciabilidad del afirmado en carreteras no pavimentadas en el Perú tiene diferencias significativas respecto a la Norma de Australia.
- c) Los métodos procedentes de la Norma de Australia, de calidad del afirmado para carreteras no pavimentadas, son prácticas y sencillas de ejecutar a comparación de las normas peruanas.

3.2. Variables de Estudio

3.2.1. Definición conceptual de las variables

Parámetros de calidad del afirmado

Granulometría: Es aquel instrumento que tiene que ver con la debida distribución de los tamaños de las diferentes partículas componentes de un suelo, su herramienta principal de trabajo se conoce como malla o como tamiz.

Plasticidad: Se determina por ensayos de Limite Plástico y Liquido, que permiten caracterizar las diferentes propiedades de la fracción fina del suelo.

A la diferencia entre el Limite Plástico y Liquido se conoce como Índice de plasticidad.

Resistencia: medido por el CBR (California Bearing Ratio), que es la carga que se requiere para poder producir una cierta penetración con pistón estándar. La

resistencia del suelo se mide mediante ensayos y una de estas es el CBR, el cual usaremos como medio de medición en la tesis.

Serviciabilidad

Rugosidad: (IRI) presenta escala de valores para la medida de la regularidad superficial de caminos, que puede ser empleada por la mayoría de los aparatos de auscultación que hay, simula la respuesta de un vehículo al circular en una carretera a 80 km/h y nos permite considerar factores como seguridad, confort y costo de uso de vehículos. Se recomienda también que los valores del IRI se obtengan con perfilómetros dinámicos de rendimiento y que se presenten por los tramos de 200 m.

Ahuellamiento: Huellas o Surcos que se presentan en la superficie de la rodadura de una carretera pavimentada o la no pavimentada y que son resultado de consolidación o del movimiento lateral de materiales por los efectos del tránsito.

3.2.2. Operacionalización de las variables

Tabla N° 16 Operacionalización de las Variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Parámetros de Calidad del afirmado	Granulometría	% Grava	Cantidad de materiales. Porcentaje.
		% Arena	
		% Finos	
	Limites	L. Líquido	Rangos. Intervalos de valores.
		L. Plástico	
		L. P	
Resistencia	CBR	Número de porcentaje.	
Serviciabilidad	Rugosidad	IRI	Vida útil.
	Fallas de Afirmado	Bacheo	Visual. Medición. Cálculos.
		Ahuellamiento	
		Ondulaciones	

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo y Nivel de la investigación

4.1.1. Tipo

La presente Investigación fue aplicada porque se apoya de la investigación básica o pura para brindar la solución inmediata de un problema en el aspecto normativo y comparativo

La investigación es de tipo descriptivo comparativo, pues según Hernández (2006), es descriptivo porque se pueden “medir, y se recolectan algunos datos sobre los conceptos (variables), así como los aspectos, o las dimensiones componentes de la investigación”. (p. 102),

4.1.2. Nivel

Hernandez y Sampieri (2010). La investigación es descriptiva correlacional ya que presenta las características siguientes: puede medir y evaluar con gran precisión el grado de relación que existe entre las variables. Su gran utilidad radica enormemente en saber el comportamiento de una variable, conociendo ya el comportamiento de la otra. Porque trata de describir como presenta el problema de investigación y cómo se genera en el tiempo de estudio, lo cual nos llevara a recabar, y poder analizar la información obtenida en base de las variables. (p. 22).

4.2. Diseño de la Investigación

Es cuantitativa, asimismo es descriptiva de corte transversal porque permite obtener información como se da en un espacio y tiempo.

El diseño adecuado para este trabajo es de tipo descriptivo correlacional. cuyo propósito fue describir las variables y analizar así su incidencia.

4.3. Población y muestra

Se tomó como población a la diferentes Normas publicadas por el MTC, respecto a carreteras no pavimentadas; también las Normas extranjeras de países

específicos como USA, Sudáfrica y Australia que también abocaron su estudio en carreteras no pavimentadas y afirmados en general.

La muestra fueron las normas específicas usadas solo para afirmados en carreteras no pavimentadas.

4.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

En este trabajo son más que una revisión de las diferentes normas de carreteras de países como USA, Sudáfrica y Australia, para así hacer una comparativa con las normas nacionales del MTC, de esta manera observar similitudes o parámetros diferentes solicitados para el afirmado en carreteras no pavimentadas.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Pasaremos a mostrar las comparaciones en cuestiones de materiales utilizados en construcción de carreteras, y los procedimientos necesarios para ejecutar proyectos de construcción adecuadas y encontrar que es lo que se necesitaría tomar para nuestra normativa nacional dada en el MTC, con las de los países de estudio como son USA, Australia y Sudáfrica.

- 5.1. Recomendaciones Técnicas para carreteras
- 5.2. Según el manual de transporte de carreteras (Perú)

En cuanto al Pavimento

Los procedimientos cubren una gama de prácticas comprobadas o mejores para materiales y pavimento tipos actualmente encontrados en la práctica local. Factores tales como objetivo de servicio, categoría de camino, estrategia del ciclo de vida, espectro de tráfico, materiales del pavimento, comportamiento del pavimento y el rendimiento, las condiciones ambientales y las recomendaciones de construcción son consideradas.

La selección final del diseño del pavimento se basa en el comportamiento del tipo de pavimento y la estrategia del ciclo de vida postulado, teniendo en cuenta el presente valor de los costos iniciales y futuros, así como los resultados del simulador de vehículos pesados (HVS) pruebas en los últimos 15 años. Posibles tipos de pavimento y estructuras de pavimento se presentan en un catálogo de diseño de pavimento.

Los caminos de la rodadura se identifican como sigue:

- a) Caminos de tierra, conformado por un suelo natural y también el mejorado con la grava ya seleccionada mediante el zarandeo.
- b) De grava o lastrados, conformados por una capa de revestimiento con material de tipo natural, seleccionado manualmente o mediante zarandeo, tamaño de 75mm.

- c) Los s afirmados, formados por una capa de revestimiento con materiales de las canteras, dosificados de manera natural o algunos medios mecánicos como (zarandeo), con dosificación, compuesta por la combinación de tipos de materiales como: la piedra, la arena y finos o arcilla, siendo el máximo tamaño deseable 25 mm.

Los afirmados son de tipos:

- c.1 Naturales con gravas o zarandeadas
- c.2 Homogenizados con gravas mediante el chancado

Afirmados con superficie de la rodadura estabilizada con materiales industriales:

- d.1 Con grava tratada con materiales: asfalto, cemento, cal, o aditivos químicos, etc.
- d.2 Naturales estabilizados con: un material granular y finos ligantes, así como el asfalto, el cemento, la cal, los aditivos químicos entre otros.

5.3. Según manual de transporte de carreteras (Sudáfrica)

El diseño del pavimento es el proceso para decidir sobre la estructura, en términos al tipo de estructura, los materiales para ser utilizado y el grosor de la capa. El objetivo básico del diseño del pavimento es combinar materiales de suficiente fuerza en un sistema estratificado de para proporcionar los niveles de servicio funcional y estructural deseados por el período de diseño, sujeto a demanda del tráfico aplicable y al entorno particular. Los niveles de servicio funcional y estructural, las tasas a las que estos niveles de servicio se deterioran, el costo asociado con la provisión y el mantenimiento de estos los niveles de servicio y ahorro de los usuarios de la carretera como resultado de la mejora de los niveles de servicio determinan la economía viabilidad de un diseño.

Aunque la decisión de diseño final está dictada por el diseño más viable económicamente, el proceso para garantizar que se proporcione un pavimento con la resistencia adecuada es fundamental. La filosofía, los principios y los detalles de varios métodos de diseño diferentes aplicables a los nuevos pavimentos y el pavimento que requiere rehabilitación, el objetivo es producir una "estructura de pavimento estructuralmente equilibrado".

Como un pavimento es un compuesto sistema, debe diseñarse de modo que las diversas capas de pavimento reaccionen unísono. De manera óptima, cada capa debe estresarse al mismo nivel de su máximo capacidad de carga. (es decir, sin sobre estirar).

La capacidad de carga de una estructura del pavimento estructuralmente equilibrada aumenta de manera uniforme con el aumento profundidad (cubierta) sobre el material de la subrasante. Esta "cubierta" debe aumentarse hasta que se alcanza la capacidad de soporte objetivo.

La acumulación de capacidad de carga de un pavimento puede ocurrir en diversas etapas o niveles. Cuanto más se deriva la capacidad de carga final de la parte superior las capas de pavimento (base y subbase) se relacionan con las capas inferiores, las "más superficiales" la estructura del pavimento. Cuantas más capas más profundas contribuyen a la final teniendo capacidad relativa a capas superiores, la estructura del pavimento "más profundo".

Por lo tanto, la "superficialidad" o "profundidad" de un pavimento es un concepto relativo (Kleyn, 1982, De Beeret y otros, 1989, De Beer, 1990, 1991). (p.57).

Este es también la básica razón de la sensibilidad de carga inherente de un pavimento

El exponente de daño relativo "n" normalmente aumenta con un aumento en "superficialidad" del pavimento. Las estructuras del pavimento sugeridas en este documento se basan en prácticas comprobadas o mejores en Sudáfrica, que se relaciona con pavimentos que tienden a ser principalmente relativamente profundos, dando como resultado una "n" alrededor "4" durante la mayor parte de su vida de diseño estructural.

Características de los materiales

Las características del material y su influencia en el comportamiento deben ser entendidas a fondo. Todos los materiales de carreteras comprenden agregados minerales como su componente principal. Los diferentes tipos fundamentales de materiales a usarse en pavimentos de carreteras son:

Granular o sin consolidar: gravas naturales o roca triturada

Modificado: mecánicamente o químicamente

Cementado (ligado): agregados cementados o ligeramente cementados

Bituminoso (ligado): asfalto mezclado en caliente, sellos o betún estabilizado

Algunos materiales tienen aglutinantes agregados para mejorar el rendimiento, como los aglutinantes bituminosos o los rellenos minerales. La cantidad y el tipo de encuadración determinan el comportamiento, tal como se resume en la Figura N°13. Materiales que se forman a partir de combinaciones de los tres tipos fundamentales, tales como Bitumen Stabilized Materials (BSM).

La función principal de los materiales de pavimento es extender las tensiones inducidas por la carga de tráfico a todos los elementos subyacentes.

Capas de pavimento: Es muy importante el señalar que existe una serie de propiedades fundamentales que influyen en el comportamiento de un material independientemente de su situación, mientras que también hay varias propiedades situacionales que influyen en el comportamiento.

Estos se pueden resumir de la siguiente manera:

Propiedades fundamentales (naturaleza de los materiales)

Fricción entre partículas

Clasificación o distribución de partículas

Cohesión o grado de adherencia de las partículas cuando se empapan

Elasticidad, plasticidad y viscosidad

Dureza de partículas

Durabilidad

Porosidad y absorción

Propiedades Situacionales

Densidad: mayor empaque y menor permeabilidad

Contenido de la humedad: incluyendo cuestiones tales como la humedad adsorbida en las arcillas y la cohesión aparente cuando no está cubierta, así como la succión debido a la acción capilar entre las partículas del suelo más finas

Temperatura

Soporte, que influye en la situación de estrés, que a su vez influye en la rigidez de los factores sensibles al estrés

Materiales

Propiedades de ingeniería

Fuerza máxima: cortante, extensible, compresivo

Módulo elástico: rígido para esparcir cargas, o flexible para permitir que las capas inferiores lleven las cargas y se doblen sin rotura

Resistencia a la deformación

Fatiga: número de movimientos o cargas requeridas para causar daño permanente (agrietamiento)

La situación de estrés y las características de los materiales de todo el pavimento cambian continuamente a lo largo del tiempo con cambios ambientales, y también como la rigidez del material cambia con el tiempo y transfiere cargas a las capas inferiores.

El arte del diseño del pavimento es asegurar que los materiales dentro de las capas del pavimento no se sobren estresen en ningún momento durante el curso de estos cambios en la vida del pavimento.

Los tipos de pavimento vial

Se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de materiales utilizados para construir las capas superiores, y en particular la superficie. Los tipos de materiales, ya sean flexibles como el asfalto o rígidos como el concreto, determinan el rendimiento de un pavimento en un clima dado con un cierto nivel de tráfico, y los mecanismos de emergencia que manifestarse en el pavimento con el tiempo.

Los diferentes tipos general de los diferentes tipos de pavimento se proporciona en la Figura N° 13.



Figura N° 13 Clasificación de tipos de pavimentos basados en materiales (Sudáfrica)

Fuente: “Diseño estructural de pavimentos flexibles (1996) PROYECTO TRH4, Sudáfrica”, (1996)

Además de los tipos de pavimento que se diferencian en función de los materiales en las capas superiores del pavimento, pueden también se clasifican según sus aplicaciones y niveles del tráfico, como se resume en la Tabla N° 17.

Tabla N° 17 Diseño estructural de pavimentos flexibles (1996) PROYECTO TRH4, Sudáfrica

Instalaciones	Clases de tráfico	Carga
Autopista	Pesado, 30 a 100 MESA	Vehículos ligeros y pesados
Arteria y camino principal	Medio > 3 MESA	Vehículos ligeros y pesados
Carretera secundaria	Luz > 0.3 MESA	Bajo porcentaje de peso pesado
Camino de bajo volumen	LVR = 50 a 200 vpd	Vehículos principalmente ligeros

Fuente: “Diseño estructural de pavimentos flexibles (1996) PROYECTO TRH4, Sudáfrica”

Notas:

1. MESA = millones de ejes estándar equivalentes (80 kN es el estándar en Sudáfrica, a pesar de que la masa máxima del eje es 90 kN). Ver el Capítulo 10, Sección 4.1.3.
2. vpd = vehículos por día
3. La Clase de tráfico también se define en TRH4 de acuerdo con el límite superior de Ejes equivalentes estándar (ES), por ejemplo, ES100 = 30 a 100 millones de ejes de 80 kN.

Las gravas naturales se pueden modificar con cantidades relativamente bajas de cementitious o estabilizadores bituminosos (2 - 3%). Esta práctica tiene valor en la medida en que mejora la trabajabilidad del material y la sensibilidad a la humedad, aunque la cantidad también puede ser bajo para evitar la carbonatación perjudicial en los materiales cementados. Más detalles sobre la durabilidad del material se dan en (DOT, RR 92146611, 1993). (p.29).

Se realiza una mayor compactación y pruebas de control de calidad de este material aproximadamente 24 horas después de la mezcla.

5.4. Propiedades más recomendadas por el ARRB (AUSTRALIA)

Para la conformación y de la compactación y poder brindar la comodidad y seguridad en el tránsito, el 100 % de los materiales debe de pasar el tamiz de unos 25 mm (1’’))

Para brindar una buena resistencia en una pérdida de material, el porcentaje retenido en el tamiz de 2.36 mm (No 8) debe estar entre 20 % y 60 %

Para poder brindar mejor estabilidad y poder reducir la permeabilidad, la relación entre los pasantes de los tamices de 75µm (No 200) y 2.36 mm (No 8) debe estar entre 0.2 y 0.4. El Índice Plástico (IP) debe estar entre 4 y 15

Menores valores del rango son recomendables en climas más húmedos, y en vías con volúmenes más altos, donde los materiales contengan un menor contenido de la grava, en tanto que los valores más altos para la situación contraria

El Producto Plástico (IP * % pasa tamiz de 0.425 mm) debe encontrarse entre los 300 y 400.

El Límite de Contracción debe encontrarse entre el rango de 4 y 8

Valores menores del rango se recomiendan para vías con climas más húmedos y más altos volúmenes de tránsito, en donde los materiales contengan bajo contenido de grava, en los valores más altos son más recomendables donde se dé situación contraria

El CBR será relativamente mayor de 11 para un 95% de compactación.

5.5. Suelos según AASHTO (USA)

El sistema AASHTO es desarrollado por Terzaghi y Hogentogler en 1928 es uno de los sistemas de clasificación de los suelos, Este sistema pasó algunas revisiones y en la actualidad es el más utilizado para los propósitos de ingeniería enfocados en el campo de las carreteras como también en la construcción de los terraplenes, subrasantes, de subbases y las bases de carreteras. Sin embargo, es mayormente necesario el poder recordar que un suelo bueno, para ser usado en las subrasantes de carreteras puede ser pobre para algunos propósitos.

Dicho sistema está basado a los resultados que se den en el laboratorio de distribución del tamaño de partículas, el límite plástico y líquido.

La evaluación de suelos se da por intermedio de un índice de grupo, el cual es un valor calculado partiendo de una ecuación. La forma del comportamiento geotécnico de un tipo de suelo varía inversamente con el índice del grupo, es decir que un suelo con índice de grupo igual a cero indicara que es un material “bueno”

para la construcción de caminos y/o carreteras, y un índice igual a 20 o si es mucho mayor, indicara un material muy malo.

5.6. Medición de serviciabilidad mediante Paser Manual – Gravel Roads

Pertenece a la gran Universidad de Wisconsin-Madison, USA, y publicado en el año 1989, elaborado para poder así evaluar caminos de grava (afirmados), de la ciudad de Wisconsin, que tienen o cuentan con unas 22,000 millas (35405.6 km), de caminos de grava, bajo la responsabilidad de todos los gobiernos de su jurisdicción para su mejor y óptimo mantenimiento.

5.6.1. Condiciones superficiales y las fallas.

Los tipos de las fallas en este caso superficiales son:

Corona o Bombeo: La altura y condición de la corona (bombeo), no presenta ninguna restricción en el centro por medio de los hombros a las diferentes zanjas. Normalmente, un camino de grava tiene promedio de 4” - 6” de corona (bombeo). Uno que no presenta un bombeo generara charcas de agua. Por lo tanto, una huella atrapar el agua impidiendo el normal drenaje.

Drenaje.

Zanjas y alcantarillas que están ubicadas al borde de la carretera y que deben de manejar a la corriente, en este caso las corrientes superficiales.

Capa de grava o Espesor

Las cargas del tráfico requieren de una capa adecuada diseñada de grava para así poder distribuir todas las cargas en los subsuelos. La capa de grava variará con la cantidad de la circulación densa y de la estabilidad de los subsuelos. Una capa mínima de valor 6” se requiere de manera normal. Capas mucho más gruesas, hasta 10” o más, se usan para las cargas pesadas que circularan o las condiciones de los suelos pobres. La grava tiene que ser de muy buena calidad.

Deformación de la superficie.

Ondulaciones (encalaminados), agujeros o los baches y las roderas (ahuellamiento)

Defectos en este caso superficiales.

Polvo y el agregado suelto.

5.6.2. Clasificación de Grado Superficial, señal de daño y las medidas de tratamiento.

La clasificación se muestra en la Tabla N° 18, de la siguiente manera:

Tabla N° 18 Clasificación de Grado Superficial, señal de daño y medidas de tratamiento.

Superficial	Daño visible	Medidas del tratamiento condición general
Excelente	Ninguna señal de daño	- No necesita nada de mantenimiento
	Polvo controlado	- Drenaje excelente
	Condición superficial excelente	
Bueno	Polvo en condiciones secas	- Buen bombeo y drenaje en su totalidad
	Agregado suelto moderado	- Adecuada grava para el tráfico
	Ondulación leve	- La eliminación del polvo puede ser necesaria
Regular	- Buen bombeo (3''-6'')	- Demostraciones de efecto de tráfico
	- Zanjas adecuadas en más de 50% de camino	- Limpieza de alcantarilla necesaria
	- Capa de grava adecuada, pero puede necesitar en algunas zonas como ondulaciones agujeros.	- Necesita cierta mejora de zanja y mantenimiento de alcantarilla
	- La ondulación moderada (1''-2'' profundamente sobre 10% -25% del área.	- Algunas zonas pueden necesitar grava adicional
	- Polvo moderado, obstrucción parcial de visión	
	- Ahuellamientos leves (< de 1'' de prof)	
	- Agujero (< de 2'' de prof)	
- Agregado suelto severo (> de 4'' de prof)		
Pobre	Poco o nada de bombeo (< de 3'' de prof)	- Requiere velocidades reducidas (> de 40 km/h)
	Zanjas adecuadas en menos de 50% de camino	- Necesita nuevo agregado adicional
	Las porciones de las zanjas pueden erosionar	- Requiere mantenimiento importante de la construcción de alcantarilla y zanja
	El 25% del área tiene poco agregado	
	Alcantarillas parcialmente en ruina	
	Ondulación moderada a severa (> de 3'' de prof.) sobre 25% del área	
	Ahuellamientos moderados (1''-3'' de prof) sobre 10%-25% de área	
Agujeros moderados (2'' -4'' de prof) sobre 10%-25% de área		
Agregado suelto severo (> de 4'' de prof)		
Malo	No hay bombeo el camino tiene forma de U	- El recorrido es difícil y el camino se puede cerrar ocasionalmente
	Alcantarilla llenas y dañadas	- Necesitan reconstrucción y nuevas alcantarillas
	Ahuellamientos severos (> de 3'' de prof) sobre 25%	
	Agujeros severos (> de 4'' de prof) sobre 25% área	
Áreas con poco o ningún daño agregado		

Fuente: Elaboración propia

5.6.3. Clasificación del Grado Superficial de las Fallas.

Clasificación 5 - Excelente.

Requiere poco o en todo caso casi nada de mantenimiento. En la nueva construcción que se hace del bombeo debe ser excelente, la grava y el drenaje.

Poco o casi nada de señal de los daños.

Clasificación 4 - Bueno.

Puede ser requerido el mantenimiento

Una buena capa o espesor de grava de bombeo y de drenaje. Es limitado para los efectos que producen el polvo, agregado suelto y en el encalaminado de tipo leve.

Clasificación 3 - Regular.

Nuevo tipo de formas de clasificación y la mejora en el drenaje, el uso de la grava debe o puede ser más necesario.

Drenaje y bombeo adecuado en más del 50% del camino. El espesor o capa de la grava se adecua con el requerimiento o necesidad del reemplazo en ciertos puntos.

Nueva clasificación necesaria, mejorar el bombeo y reparar los ahuellamientos, los agujeros y encalaminados que son leves.

Clasificación 2 - Pobre.

Uso de la grava y de la mejora de los drenajes.

El recorrido de las velocidades reducidas (40.0 km/h) debe ser más necesario. Se necesita una capa adicional de la grava para así poder soportar el tráfico. Poco o nada de bombeo. El olvido o abandono del camino mayormente del 50%.

Clasificación 1 – Fallado o Malo.

Requiere de reconstrucción.

Las necesidades terminan en realizar la reconstrucción. El recorrido es más difícil; el camino se puede cerrar más ocasionalmente.

En la Tabla N° 19, se indica los niveles del grado y la severidad de fallas ya indicadas en el presente manual.

Tabla N° 19 Niveles de severidad de las fallas.

Tipos	5 Excelente	4 Bueno	3 Regular	2 Pobre	1 Fallado
Corona (Bombeo)	Muy Buena	Buena	Buena corona 3'' - 6''	Corona (>) de 3''	No hay Bombeo
Capa de grava (espesor)	Excelente	Grava adecuada para el tráfico	Agregado flojo 2'' de prof	Agregado flojo (>) de 4''	(>) de 325% de área con pérdida de agregado
Deformaciones superficiales			Área 10-25%	Área (>) 25%	
1. Ondulaciones		Leve	Prof 1'' - 2''	Prof. (>) de 3'	
2. Roderas		(>) de 1'' de prof	Prof 1'' - 3''	Prof. (>) de 3'	
3. Baches		(>) de 2'' de prof	Prof 1'' - 4''	Prof. (>) de 4'	
Baches		Bajo condición seca	Obstrucción parcial de la visión	Obstrucción total de la visión	
Drenaje	Excelente	Bueno en la ruta	Necesita limpieza	Parcial o totalmente en ruina	Dañadas

Fuente: Gravel Roads", (2012)

5.7. Paser Manual Unimproved Roads

De la Universidad de Wisconsin-Madison, USA, en el 2001, elaborado por el Centro de Información de Transporte (T.I.C), usado dentro de caminos del Ministerio de Transporte de Wisconsin (WISLR), llama en general a estos caminos no tratados o mejorados y caminos de la tierra calificados; este manual nos brinda información que hace permitir que profesionales locales puedan así evaluar y que puedan clasificar los caminos de tierra y los no mejorados.

5.7.1. Grado y evaluación del pavimento superficialmente

Sección de caminos no tratados, que describe condiciones halladas de una manera común en los caminos de tierra, también como de señal del daño o la

deterioración en los caminos que siempre es introducida e incluida por el tiempo y por el tráfico (camino de tierra calificado y drenado). Puesto que esto se da solamente en localizaciones alejadas, el segmento en general del camino se considera de tierra.

Condiciones

Perfil y el recorrido.

La geometría y el corte de terraplén son más evidentes. El nivel de condición del tránsito puede así permitir unas velocidades sobre 40.0 km/h que son más cómodas, pero cuando se den las condiciones superficiales en mal estado o pobres, las velocidades serán mucho más limitadas.

Drenaje.

A menudo son simples excavaciones muy por debajo de la superficie de la carretera. Las alcantarillas instaladas se pueden utilizar para drenar el agua hacia debajo de la carretera o camino.

Material superficial.

Una carretera de tierra es suelo natural con casi nada de grava. El suelo de arena hará la función de drenar mucho más rápido mientras que el material de tipo arcilla, y los suelos orgánicos son más fangosos al ser mojados.

Corona. (Bombeo)

Es la corona que llevara el agua hacia la zanja del drenaje de salida. Es más deseable tener de rango entre 4"-6" de altura desde el centro hacia el borde.

Acceso.

En las diferentes estaciones del año se tendría que tener accesos del tipo de caminos no mejorados. Las condiciones malas limitan el acceso durante las temporadas de lluvias.

Señal de daño

Rodera. (Ahuellamiento)

Normalmente son las trayectorias por donde pasan las ruedas. Se extienden de menor el tipo de severidad (<de 3") a mayor, (> de 9"). Las ayudas en la nueva clasificación mejoran el drenaje y el paseo.

Agujeros. (Baches)

El agua y también el tráfico produce huecos o agujeros. Pueden ser de alejado o aislado hasta extenso. La clasificación es seria mejor quitando el agua empozada y de esa manera mejorar la transitabilidad.

Rocas y raíces.

Cuando las zonas no están mejoradas, pueden ser difíciles de quitar. Cuando sobresalen a las afueras de la carretera crean un mayor malestar y la velocidad será bastante menor o baja.

Encalaminado.

Con el tráfico en las zonas, se producen ondulaciones o condiciones generales que provocan que la superficie sea áspera. Se requiere un nuevo tipo de clasificación del mantenimiento.

5.7.2. Clasificación de condición de los caminos no mejorados

Es un sistema simple para manejar caminos de tierra y su información para hacer el inventario. Utiliza escala 1 a 4, donde 4 es muy Bueno y 1 el más pobre.

Examinándolos cada año, se podrá observar la condición y deja a los encargados locales el poder de planear, para realizar el mantenimiento.

Si ha calificado en su nivel de servicio, pero tiene algún tipo de daño, será clasificado con un grado superficial de 3. Si el camino no ha sido calificado, será porque sigue el perfil natural, pero consta de poco daño, por lo tanto, podría ser de grado superficial 3.

5.8. Pavement Managment Systems–Manual for Unsealed Roads (Version 1) (Manual para Caminos no pavimentados). – SERVICIABILIDAD

Fue elaborado por los autores D Jones y P Piage-Green, para la ciudad de Pretoria-South África, publicado en el año 2000.

Proporciona las formas y pautas, para la evaluación visual del nivel de condición y del funcionamiento de los diferentes caminos no pavimentados para uso en los sistemas de gestión de caminos de grava.

Estas informaciones se relacionan con las diferentes consecuencias de cada señal de daño y por esto también con la urgencia que requiere el mantenimiento. Se registra el grado 0 si no ocurre algún defecto. El grado 1 nos quiere decir que no requiere de alguna atención; el grado 3 indica que se podría realizar el mantenimiento en un futuro, mientras que el grado de valor 5 indica que los mantenimientos se requieren de manera inmediata. Las clasificaciones para los diferentes tipos que pudieran existir de señal de daño se han compilado, basadas en la Tabla N° 20:

Tabla N° 20 Descripción general del grado de clasificación.

Grado	Severidad	Descripción
0	Ninguno	Ninguna señal de falla visible
1	Leve (muy bueno)	Señal de falla difícil de discernir, solamente las primeras muestras de señal de falla son visibles
2	Leve y advertencia (bueno)	
3	Advertencia (Regular)	La señal de falla es distinta. Comienzo de fallas secundarias (notable señal de falla con respecto a consecuencias posibles. El mantenimiento se puede necesitar para agujeros que se pueden mantener con el perfilado)
4	Entre advertencia y severo (pobre)	
5	Severo (Muy pobre)	La señal de falla es externa. Los defectos secundarios son de severidad bien desarrollada (alto nivel de defectos secundarios) y/o extrema del defecto primario (los agujeros requieren atención urgente de una reparación de tipo manual)

Fuente: "Pavement Manage System", (2012)

Las más destacadas de grado son 1, 3 y 5. Si existe incertidumbre en tipo de condición entre 3 y 5 o 1 y 3, el defecto se puede determinar como 2 o 4, respectivamente. Esto más relevante como objeto de investigación (donde se realizan los grados de las fallas visuales), o estudios bastante detallados del nivel de los proyectos.

En la Tabla N° 21, se ven los diferentes niveles de severidad de fallas.

Tabla N° 21 Niveles de severidad de fallas.

Falla	Grado				
	Leve – muy bueno	Leve – advert. Bueno	severo – pobre	advert. Severo Pobre	Severo muy pobre
1. Pérdida de grava	Abundante grava		Exposiciones aisladas		Nada de grava
2. Corrugación	No hay hoyos		Se sienten los hoyos		Hoyos severos
3. Roderas	Apenas visible		20 – 40 mm de prof		(>) 60 mm de prof
4. Baches	(<) 10 mm de prof		20 – 50 mm de prof		(>) 75 mm de prof
5. Polvo	Buena visibilidad		Cierta pérdida de visibilidad		Pérdida total de visibilidad
6. Material flojo	Apenas visible		20 – 40 mm de grueso		(>) 60 mm de grueso
7. Pedregosidad	Pocas piedras flojas 26 40 mm		Muchas piedras flojas 26 - 50 mm		Grietas
8. Agrietamiento	Débil, examen riguroso		Visto desde unvehiculo movil		Grietas (>) de 3 mm de ancho
9. Erosión transversal	Evidencia (<) importancia de daño de agua		Canales de 30 mm de prof. por 50 mm de ancho		Erosión (>) de 60 mm de prof por 250 mm de ancho
10. Erosión longitudinal	Evidencia de daño de agua		20 – 40 mm de prof		(>) 60 mm de prof
11. Drenaje	Bien sobre tierra		Nivel con la tierra		Canal

Fuente: "Pavement Manage System", (2012)

Tabla N° 23 Formato condiciones estratégicas del nivel de red con una cierta información detallada para el mantenimiento del nivel del proyecto.

UNSEALED ROAD ASSESSMENT FORM															
Evaluator									Date						
Road No	Section														
Start km	End km		Position												
Segment No	Start km		End km												
General performance	1	2	3	4	5	Moisture		Wet		Dry					
Gravel quantity	1	Plenty		2	Sufficient		3	Isolated exposures		4	Extensive exposures		5	None	
Gravel quality	1	Very good		2	Good		3	Average		4	Poor		5	Very poor	
Influencing factors	Clay			Sand			Gravel/stones								
Road profile/shape	1	Very good (4%)		2	Good (2%)		3	Flat		4	Uneven		5	Very uneven	
Drainage from the road	1	Well above ground		2	Slightly above		3	Level with ground		4	Slightly below		5	Canal	
Riding quality/safety	1	Very good (>100 km/h)		2	Good (100 km/h)		3	Average (80 km/h)		4	Poor (60 km/h)		5	Very poor (40 km/h)	
Influencing factors	Corrugation		Loose material		Stoniness		Potholes		Ruts		Erosion				
Maintenance action	Local repairs		Blading		Heavy blading		Regravelling		Reshaping		Drains				
Potholes	Degree							Extent							
	0	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
	0	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
	0	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
	0	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
	0	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
	0	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
	0	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
	0	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
	0	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
Slipperiness	Acceptable			Unacceptable											
Skid resistance	Acceptable			Unacceptable											
Trafficability	Acceptable			Unacceptable											
Isolated problems	Potholes		Subgrade exposure		Transverse erosion		Longitudinal erosion		Rough area		Slipperiness				
Comments															
Inventory check															
Material	Basic crystalline		Acid Crystalline		High Silica		Arenaceous		Argillaceous		Diamictite				
	Metaliferous		Carbonate		Pedocrete		Fer		Cal		Gyp Sil		Transported		
Road width	<8m		8-10m		>10m		Road type		Gravel		Earth		Treated		

Fuente: "Pavement Manage System", (2012)

Tabla N° 24 Formato para el grado detallado del nivel de red.

UNSEALED ROAD ASSESSMENT FORM												
Evaluator											Date	
District					Road No				Section			
Start km	End km				Position							
Segment No			Start km						End km			
General performance	1	2	3	4	5	Moisture			Wet	Dry		
Layer thickness (mm)												
Layer thickness category	0-25mm		25-50mm		50-100mm			>100mm				
Subgrade exposure	None		Isolated		General							
Gravel quality	Classification		Course		Medium			Fine				
	Max size (mm)		>50		25-50			13-25		<13		
Road profile/shape	Estimated PI		<6		6-15			>15				
	1	Very good (4%)	2	Good (2%)	3	Flat	4	Uneven	5	Very uneven		
Drainage from the road	1	Well above ground	2	Slightly above	3	Level with ground	4	Slightly below	5	Canal		
Riding quality/safety	1	Very good (>100 km/h)	2	Good (100 km/h)	3	Average (80 km/h)	4	Poor (60 km/h)	5	Very poor (40 km/h)		
Influencing factors	Corrugation		Loose material		Stoniness		Potholes		Ruts		Erosion	
Maintenance action	Local repairs		Blading		Heavy blading		Regravelling		Reshaping		Drains	
Potholes	Degree							Extent				
	0	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Rutting	0	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Erosion - transverse	0	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Erosion - longitudinal	0	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Corrugation	0	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Loose material	0	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Stoniness - embedded	0	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Stoniness - loose	0	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Dustiness	0	1	2	3	4	5						
Slipperiness	Acceptable			Unacceptable								
Skid resistance	Acceptable			Unacceptable								
Trafficability	Acceptable			Unacceptable								
Isolated problems	Potholes		Subgrade exposure		Transverse erosion		Longitudinal erosion		Rough area		Slipperiness	
Comments												
Inventory check												
Material	Basic crystalline		Acid Crystalline		High Silica		Arenaceous		Argillaceous		Diamictite	
	Metaliferous		Carbonate		Pedocrete		Fer	Cal	Gyp	Sil	Transported	
Road width	<8m	8-10m	>10m		Road type		Gravel		Earth		Treated	

Fuente: "Pavement Manage System", (2012)

Tabla N° 25 Formato de evaluación de secciones experimentales.

UNSEALED ROAD ASSESSMENT FORM													
Evaluator						Date/time							
Project		Road No			Section				Position				
Material						Slope				Moisture			
Climate						Terrain	F	R	M	Traffic	L	M	H
Map						Photo's							
Overall	1	2	3	4	5	Dust	@		QI/RI	@			
Gravel depth	1	2	3	4	5	mm							
Gravel quality	1	2	3	4	5								
Drainage (road)	1	2	3	4	5								
Drainage (side)	1	2	3	4	5								
Stoniness (loose)	/	L											
Stoniness (fixed)	/	L ;											
Potholes	/	L ;								Max size			
Rutting	/	88	99	:	:					Max size			
Loose material	/	88	99	:	:					Biggest			
Corrugations	/	L	F	:	:								
Erosion	/	L	T	:	:								
Cracking	/												
Slipperiness	Y	N											
Skid resistance	Y	N											
Passability	Y	N											
Maintenance													
Road reserve													
Notes													
Density	Wet	Dry	NMC	Tin No	GMC	Pos		Sample details					
150 mm						LO	LI						
100 mm						C							
50 mm						RI	RO						

Fuente: "Pavement Manage System", (2012)

5.9. Comparativa de los suelos con las normas de USA (AASHTO), Sudáfrica, Australia y Perú.

Según condiciones propias existentes en cada país, existen diversos métodos desarrollados y empleados para el diseño de las carreteras, basándose en las necesidades propias de cada país. Por ejemplo, el método utilizado (AASHTO), que ha sido adaptado en países como Chile, Colombia y Perú, por ser visto o considerado el más óptimo, con sistemas de diseño más cercanos a la forma o realidad de cada lugar.

5.9.1. USA (AASHTO)

Según estas normas los suelos se clasifican en categorías:

Suelos granulares: suelos con porcentaje que pasa el tamiz N° 200 menor o igual al 35% de la muestra. Estos suelos lo conforman los grupos A-1, A-2 y A-3.

Suelos limo-arcilla o material fino: suelos cuyo porcentaje que pasa el tamiz N° 200 es mayor al 35% de la muestra. Estos suelos constituyen los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.

Suelos orgánicos: constituidos por materia orgánica. En este tipo de suelos constituye el grupo A-8.

Adopta el rango siguiente de tamaño de partículas:

Cantos rodados: fragmentos de roca, retenidos en el tamiz de 3" (75 mm).

Grava: fracción que pasa el tamiz de 3" (75 mm) y retenido en el tamiz N° 10 (2 mm).

Arena: pasa el tamiz N° 10 (2 mm) y retenido en el tamiz N° 200 (0.075 mm).

El limo y la arcilla: partículas que pasan el tamiz N° 200 (0.075 mm).

Establece rango del índice de plasticidad que diferencia a los suelos arcillosos de suelos limosos.

El término limoso es aplicado a la fracción fina del suelo que tiene un índice de plasticidad de 10 o menos.

El término arcilloso es aplicado cuando la fracción fina tiene un índice de plasticidad de 11 o más.

Considera solo la porción de suelo que pasa a través del tamiz de 75 mm. Si existieran partículas mayores (guijarros y cantos rodados), estas son excluidas de

la muestra de suelo que será clasificado, sin embargo, el porcentaje de ese material debe ser medido y anotado junto con el resultado de la clasificación.

Según este manual los suelos clasificados dentro los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares de los cuales 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz N° 200. Los que tienen más del 35% de partículas que pasan a través del tamiz N° 200 se clasifican dentro de los grupos de material fino A-4, A-5, A-6 y A-7. Estos suelos son principalmente limo y materiales tipo arcilla el cual se muestra en la Tabla N° 26.

Tabla N° 26 Cuadro Comparativo de Parámetros de Calidad

	PERU	USA (AASHTO)
Material	Tamaño partículas	Tamaño partículas
Grava	75 mm – 4.75 mm	80 mm, retenido en el tamiz 2
Arena	Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm	Arena gruesa: 2 2 mm – 0.5 mm
	Arena media: 2.00 mm – 0.425 mm	
	Arena Fina: 0.425 mm – 0.075 mm	Arena Fina: 0.5 mm – 0.08 mm
Material fino	Limo 0.075 mm – 0.0005 mm	Material que pasa por el tamiz 0.08 mm
	Arcilla Menor a 0.005 mm	
Índice de		
Plasticidad	: 4-9%	IP < 10%
CBR (1)	: 40% mín.	≥ 45%

Fuente: Elaboracion propia.

5.9.2. Sudáfrica

Un método de diseño mecanicista y empirico desarrollado desde 1970 hasta hoy. El primer procedimiento de diseño mecanicista simplificado para Sudáfrica fue desarrollado por Van Vuuren, Otte y Paterson en 1974, el cual fue publicado ya en el año 1977, donde se sugirió que la caracterización de los diferentes materiales debe realizarse mediante las pruebas realizadas en laboratorio y en el terreno. Además, que también fueron proporcionadas funciones de transferencia para así determinar la fatiga en las capas que son delgadas de asfalto en la superficie,

materiales de la subrasante, cementados y granulares. Es así como desde 1983, es utilizado como el South African Mechanistic Design Method para el diseño de nuevo pavimentos y diseño de rehabilitación, con algunos cambios en la forma de modalidad de obtención de datos, manteniendo el concepto y a su vez complementándose con el catálogo Technical Recommendations for Highways (TRH 4).

CBR y Diseño de Subrasante

Según el método sudafricano se pueden clasificar a los materiales de la subrasante en función del valor del CBR en estado saturado a una densidad representativa. Pero, sin embargo, ya que su uso es regiones secas puede ser sobre-conservador, se aconseja en estos casos adoptar un CBR en estado no saturado. Por tales motivos prácticos capacidad de soporte de diseño de la subrasante dada, se limita a cuatro clases, ver tabla N° 27

Tabla N° 27 Clasificación del CBR de la subrasante

Clases	CBR
SG1	Más de 15
SG2	De 7 a 15
SG3	De 3 a 7
SG4	Menos de 3 ⁷

Fuente: Technical Recommendations for Highways (TRH 4)

Capas de material selecto

De manera normal el suelo de la subrasante en el sitio sera escarificadio y recompactado hasta una profundidad de 150 milímetros y se agrtra una o dos capas de material selecto. Para los diseños de las categorías de carretera A (Autopistas Interurbanas), B (Colectoras Interurbanas, carreteras rurales y C (Rurales ligeramnete traficadas), en el catálogo se asume que la subrasante se lleva a un estándar de soporte igual al de un material con un CBR mínimo de 15 (denominado G7).

Para los diseños de las categorías D (Calles de Acceso), en el catalogo se asume que seran soportados por una fundacion de material G9 (material con CBR minimo de 7). Las capas selectas mostradas en el catalogo para los diseños de pavimento de la categoría D, con resistencia mas baja que la subrasante en el sitio,

pueden omitirse a condicion de que exista la resistencia adecuada sobre la profundidad total del pavimento.

Materiales granulares

Las capas construidas con materiales granulares pueden ser utilizadas en la base, subbase y/o capas de material selecto de los pavimentos. El módulo elastico Efectivo de capas granulares es una funcion del modulo de la capa soporte y del entrelazamiento de las particulas que logra durante la xconstruccion de la capa.

La deformacion permanente acumulativa es causada por las cargas repetitivas, las cuales provocan a la vez una estabilidad inadcuada. Ambos tipos de daños estan relacionados a la rsistencia por cortante del material. Para proteger la capa deben de limitarse los esfuerzos por cortante. Ver Tabla N° 28.

Tabla N° 28 Subrasante y capas requeridas de material selecto para categorías A, B, C

Calse de CBR	SG4	SG3	SG2	SG1
CBR de diseño de la subrasante	< 3	3 - 7	7 - 15	> 15
Capas selectas agregadas: Superior inferior	No aplicable	150 mm G7 150 mm G9	150 mm de G7	-
Tratamiento de la subrasante en el sitio	Requiere tratamiento especial	Desgarrar y recompactar hasta 150 mm de G10	Desgarrar y recompactar hasta 150 mm de G/	Desgarrar y recompactarla hasta 150 mm de G7

Fuente: (SADOT)

Los materiales que son utilizados en Sud Africa asi como tambien los materiales utilizados en el Peru tanto en bases y subbases se resumen en la Tabla N° 29:

Tabla N° 29 Características de los materiales en Sud – África

	Perú	Sub- Africa
Bases	CBR > 80; Limite liquido < 25; IP < 6: tamaño maximo 50 mm; 95 mm AASHTO modificado	Nombre: G4 CBR ≥ 80; tamaño máximo 53 mm; 98 – 100 AASHTO modificado; IP < 6 hichamiento 0,2 @ 100% AASHTO modificado
Subbases	CBR ≥ 40; tamaño maximo 50 mm; 95 min AASHTO modificado y a 0,2'' de penetración; Limite Liquido < 35; IP < 8; tamaño máximo 50 mm.	Nombre: G5 CBR ≥ 45; tamaño maximo 63 mm o 2/3 del espesor de la capa; la densidad debe ser como la prescrita para el uso de la capa; IP < 10; hinchamiento 0.5 @ 100% AASHTO modif.

Fuente: (SADOT)

Los materiales en Sudáfrica pueden ser:

Gravas

Los mismos que se dividen en materiales granulares en:

Graded Crushed Stine	G1 – G2 – G3
Natural Gravel soil (procesada)	G4 – G5 – G6
Gravel Soil	G7 – 68 – G9 – G10
Waterbound Macadam	WH

El manual de diseño sudafricano TRH 4 propone la incorporación de las capas de suelo para poder mejorar el suelo de soporte de la estructura. Sugiere incorporación de capas (una superior, G 7 y inferior, G 9) de 150 mm de espesor con módulos elásticos mostrados en la Tabla N° 30 para el caso de un suelo de soporte con un CBR entre 3% y 7%. Para el caso de un suelo de soporte con CBR entre 7% y 15%, el manual sugiere la incorporación de una sola capa (G 7) de 150 mm de espesor con los módulos elásticos mostrados en la Tabla N°31. Esto último se resume en la Tabla N° 32, en donde se muestran ambos, los originales v/s los sugeridos por la norma TRH 4. Para los CBR 5% y 10%, los diseños propuestos por la norma TRH 4, son mayores que los originalmente propuestos, presentando los diseños por el TRH 4 generalmente un estado de sobredimensionamiento. Es por esto que el análisis se realizó sólo comparativo y los valores no son para un diseño final.

Tabla N° 30 Rangos sugeridos del módulo elástico para materiales (MPa) con valores esperados en paréntesis

Código del Material	Descripción del Material	Capa dementada superior en el estado de losa	Capa granular superior o equivalente	Condición de humedad (buen soporte)	Condición de humedad (soporte pobre)
G1	Piedra chancada de alta calidad	250 – 100 (450)	150 – 600 (300)	50 – 250 (250)	40 – 200 (200)
G2	Piedra chancada	200 – 800 (400)	100 – 400 (250)	50 – 250 (250)	40 – 200 (200)
G3	Piedra chancada	200 – 800 (350)	100 – 350 (230)	50 – 200 (200)	40 – 150 (150)
G4	Grava natural (calidad base)	100 – 600 (300)	75 – 350 (225)	50 – 200 (200)	30 – 150 (150)
G5	Grava natural	50 – 400 (250)	40 – 300 (200)	30 – 150 (150)	20 – 120 (120)
G6	Grava natural (calidad Sub base)	50 – 200 (200)	30 – 200 (150)	20 – 150 (150)	20 – 120 (120)

Fuente: (SADOT)

Tabla N° 31 valores sugeridos de módulo elástico para material de la subbase (Mpa)

Código del material	CBR sumergido	Descripción del material	Valor del módulo elástico	
			Condición seca	Condición mojada
G7	≥ 15	Grava – suelo	30 – 200	20 – 120
G8	≥ 10	Grava – suelo	30 – 180	20 – 90
G9	≥ 7	Suelo	30 – 140	20 – 70
G10	≥ 3	Suelo	20 – 90	10 – 45

Fuente: (SADOT)

Tabla N° 32 Valores sugeridos para C_{term} y ϕ_{term} para material granular

Código del material	Condición de Humedad					
	Seca		Moderada		Mojada	
	ϕ_{term}	C_{term}	ϕ_{term}	C_{term}	C_{term}	ϕ_{term}
G1	8.61	392	7.03	282	5.44	171
G2	7.06	303	5.76	221	4.46	139
G3	6.22	261	5.08	188	3.93	115
G4	5.50	223	4.40	160	3.47	109
G5	3.60	143	3.30	115	3.17	83
G6	2.88	103	2.32	84	1.76	64
EG4	4.02	140	3.50	120	3.12	100
EG5	3.37	120	2.80	100	2.06	80
EG6	1.63	100	1.50	80	1.40	60

Fuente: (SADOT)

5.9.3. Australia

Los suelos se clasifican en suelos como las gravas, las arenas y las arcillas o limos; pero actualmente no son los más adecuados para trabajos como la estabilización de los suelos, ya que es de mucha importancia el poder prever la forma en que el suelo responderá a estabilización.

Uno de los sistemas más utilizado es el llamado Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) El cual ha resultado útil, pero debe de tenerse en consideración que este método no se toma en consideración factores que pueden afectar tanto a la respuesta del suelo a estabilización como a la permanencia de dicha estabilización.

Entre estos factores se puede nombrar a la presencia en la zona, de las aguas cargadas de las sales, y de ácidos orgánicos, álcalis, etc. Que pueden atacar al suelo tratado.

Se puede citar a la estructura de arcilla y a su composición mineralógica, factores que en definitiva influyen al éxito de la estabilización.

Existen algunos sistemas para poder clasificar a suelos con fines ingenieriles como se muestra en la Tabla N° 33, uno de los que se basa en tamaño, forma y arreglo de partículas y como sistema Northcote en donde se divide al suelo en los grupos siguientes:

Tabla N° 33 División de suelos según Sistema Northcote

Descripción	Símbolo
s con perfil de textura uniforme	U
s con perfil de textura gradual	G
s con perfil de textura doble	D
s orgánicos	O

Fuente: "SUCS"

Se subdivide a estos tipos en subgrupos en base características visibles tales como color, la presencia de concreciones, rellenos en grietas o en las fisuras, etc. Así como algunas características no detectables a simple vista como lo es la alcalinidad o la acidez.

Es muy razonable pensar que si se conocen mejor las características tanto físicas y químicas de un suelo mejor se pueden realizar el estudio de estabilización. Este tipo de descripciones o clasificaciones tienen un carácter más local y no han sido aceptados de manera universal, aunque actualmente se están haciendo esfuerzos.

5.9.4. Perú

En el Perú los tipos de suelos está dado por diferentes factores descritos en la Tabla N° 34:

De acuerdo a los tamaños de las partículas de los siguientes términos:

Tabla N° 34 Clasificación de suelos según el tamaño de partículas

Tipo de material	Tamaño de partículas
Grava	75 mm – 4.75 mm
Arena	Gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm Media: 2.00 mm – 0.425 mm Fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material fino	Limo: 0.075 mm – 0.0005 mm Arcilla: Menor a 0.005 mm

Fuente: "Manual de carreteras: suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos: suelos y pavimentos", por MTC (2014)

La plasticidad: estabilidad que representan los suelos hasta un límite de humedad sin disgregarse, la plasticidad de un suelo, depende, no de elementos gruesos que tiene, sino únicamente de sus elementos finos. El análisis granulométrico no permite observar esta característica por lo que es necesario el determinar los Límites de Atterberg.

Los cuales establecen la sensibilidad del comportamiento de un suelo en relación con su contenido de la humedad (agua), definiéndose los límites correspondientes a los tres estados de consistencia según humedad y en base a ello puede presentarse un suelo: líquido, o plástico o sólido. Estos límites: el límite líquido (LL determinación según norma MTC E 110), el límite plástico (LP determinación según norma MTC E 111) y el límite de contracción (LC determinación norma MTC E 112).

Límite Líquido (LL), es cuando el suelo pasa del estado semilíquido a plástico y puede moldearse.

Límite Plástico (LP), cuando el suelo pasa de estado plástico a semisólido y se rompe.

Límite de Contracción (retracción), cuando el suelo pasa de estado semisólido a sólido y deja de contraerse al perder la humedad.

Además del LL y del LP, una característica a obtener es el Índice de plasticidad IP que se conoce como diferencia entre LL y LP:

$$IP = LL - LP$$

El índice de plasticidad indica la magnitud del intervalo de las humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y que permite clasificar bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo mucho más arcilloso. Mientras, un IP pequeño es característico de uno poco arcilloso vista en la Tabla N° 35. Por consiguiente, el suelo en relación a su plasticidad puede clasificarse en:

Tabla N° 35 Clasificación de suelos según índice de Plasticidad

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Características
$IP > 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$IP \leq 20$	Media	Suelos arcillosos
$IP > 7$		
$IP < 7$	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
$IP = 0$	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Fuente: “Manual de carreteras: suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos: suelos y pavimentos”, por MTC (2014)

Debe tenerse en cuenta que, en un suelo el contenido de la arcilla, por su magnitud puede ser elemento en suelo de subrasante y en estructura de pavimento, sobre todo a su gran sensibilidad al agua.

- a) Equivalente de la arena: relativa del contenido de polvo fino más nocivo o del material arcilloso en los suelos o agregados finos (ensayo MTC E 114). Ensayo que da resultados muy parecidos obtenidos mediante determinación de los límites de Atterberg, aunque resulta menos preciso. Tiene ventaja de ser más rápido y fácil de poder efectuar.

El valor de Equivalente de Arena (EA) es indicativo de plasticidad del suelo, como se muestra en la Tabla N° 36:

Tabla N° 36 Valor de Equivalente de Arena (EA)

Equivalente de arena	Características
Si $EA > 40$	No es plástico, es de arena
Si $40 > EA > 20$	Es poco plástico y no heladizo
Si $EA < 20$	Plástico y arcillosos

Fuente: “Manual de carreteras: suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos: suelos y pavimentos”, por MTC (2014)

- b) Índice de grupo: normado por AASHTO de uso para clasificar los suelos, es basado en gran parte en los límites de Atterberg. El índice de grupo se define por la fórmula siguiente:

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

Dónde:

a = F-35 (F = porcentaje que pasa el tamiz 200 -74 micras). Expresado por un número entero positivo entre 1 y 40.

B = F-15 (F = porcentaje que pasa el tamiz 200 -74 micras). Expresado por un número entero positivo entre 1 y 40.

C = LL – 40 (LL = límite líquido). Expresado por un número entero entre 0 y 20.

D = IP-10 (IP = índice plástico). Expresado por un número entero entre 0 y 20 o más.

El índice de grupo es un valor entero positivo, entre 0 y 20 o más. Cuando el IG calculado resulta negativo, se reporta cero. Lo que significa que es un suelo muy bueno y uno \geq a 20, es un suelo no utilizable para los caminos. Ver Tabla N° 37.

Tabla N° 37 Clasificación de los suelos según Índice de Grupo

Índice de Grupo	Suelo se Sub rasante
IG > 9	Inadecuado
IG está entre 4 a 9	Insuficiente
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 a 2	Bueno
IG está entre 0 a 1	Muy bueno

Fuente: “Manual de carreteras: suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos: suelos y pavimentos”, por (2013)

- c) Humedad natural: característica muy importante ya que es su humedad natural, la resistencia de los suelos de subrasante, en especial de finos, se encuentra asociada con condiciones de la humedad y densidad que estos presenten.

La determinación de humedad natural del (ensayo MTC E 108) permitirá comparar con la óptima humedad que se obtendrá en los ensayos Proctor para poder obtener el CBR del suelo (ensayo MTC E 132).

Sí la humedad que es natural es igual o inferior a la humedad óptima, el proyectista deberá proponer compactación normal del suelo y el aporte de cantidad conveniente de agua. Si la humedad natural es superior a la humedad óptima y, según la saturación del suelo, se propondrá el aumentar energía de compactación, y airear el suelo o reemplazar el material que está saturado.

- d) Clasificación de los suelos: Determinadas las características de los suelos, según párrafos anteriores, se podrán estimar con suficiente aproximación, el debido comportamiento de suelos, especialmente con conocimiento de granulometría, de la plasticidad e índice del grupo y, luego poder clasificar a los suelos.

De acuerdo a la información dada por cada método usada en los diferentes países comparados, se muestra la comparativa en la Tabla N° 38.

Tabla N° 38 Comparativa de los diversos métodos de diseño

	AASHTO	Español	Sudafricano	Australiano
Tipo de método	Empírico	Empírico mecanicista	Empírico mecanicista	Empírico mecanicista
Trafico de diseño	EE	TMDAp	EE	EE
Variables climáticas	TMAPA Precipitación	precipitación	Condiciones de humedad	T° Máxima T° Mínima
Propiedades de los materiales	Coefficiente Drenaje Coefficiente Estructural Coefficiente de variación CBR Módulo Resiliente	Deflexión patrón CBR	Modulo elástico Módulo de Poisson Coefficiente de cohesión de ángulo de fricción	Modulo elástico Módulo de Poisson CBR
Modelos de deterioro	Serviciabilidad	$N = (f, \Delta)$	$N = (f, \Delta)$ Todas las Capas	$N = (f, \Delta)$ Capas de asfalto y subbase
Resultados	Ne_a, NE_t	Cartillas de diseño	EE admisibles	Factor de coeficiente de daño

Fuente: Elaboracion propia.

Comparativa entre las normas. Ver Tabla N° 39.

Tabla N° 39 Comparativa de las normas

Descripción	MTC Manual de transporte de carreteras(Perú)	Manual de carreteras Sudáfrica	ARRP (Australia)	AASHTO (USA)
Pavimento	Caminos de tierra de grava de afirmados	Asfalto flexible roca Semi rígido Concreto rígido Grava		Suelos granulares Suelos limo arcilla Suelos organicos
Suelos	Tipo de material Tamaño de 75artículas Grava 75 mm – 4.75 mm Arena Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm Arena media: 2.00 mm – 0.425 mm	Gravas Los mismos que se dividen en materiales granulares en: Graded Crushed Stine G1 – G2 – G3 Natural Gravel soil (procesada) G4 – G5 – G6 Gravel Soil G7 – 68 – G9 – G10 Waterbound Macadam WH	Suelos con perfil de textura uniforme	Suelos granulares. suelos cuyo% que pasa el tamiz N° 200 es menor o igual al 35% del total de la muestra. Estos constituyen grupos A-1, A-2 y A-3. Suelos limo-arcilla o material fino. suelos cuyo % que pasa el tamiz N° 200 es mayor al 35% del total de la muestra. Estos constituyen los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Suelos orgánicos. suelos constituidos principalmente por materia orgánica. Este tipo constituye el grupo A-8.
Materiales	Granulares Grava Arena Material fino: limo arcilla	Asfalto flexible roca Semi rígido Concreto rígido grava	Suelos con perfil de textura gradual	Grava Arena El limo y arcilla
Características de materiales		Granular o sin consolidar Cementado ligado Bituminosos ligado	Suelos con perfil de textura doble	
Fallas	Deformaciones Erosión Baches Encalaminado Lodazal y cruce de agua		Suelos orgánicos	
Causa de fallas				

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI: CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

6.1. Contrastación de Hipótesis Específica

Hipótesis Especifica 1

Ho: No existen diferencias en la calidad del afirmado para carreteras no pavimentadas según la MTC en comparación con la Norma USA.

Ha: Existen diferencias en la calidad del afirmado para carreteras no pavimentadas según la MTC en comparación con la Norma USA.

Comparando las Normas de USA y del MTC, encontramos que existen diferencias en cuanto a la granulometría, CBR e IP. Después de la comparación realizada en el Capítulo V, inciso 5.8, donde se refiere a que la Norma USA específicamente AASHTO, ha sido adoptado por varios países, y uno de ellos es el Perú, por lo que la granulometría, CBR e IP, solicitados para conformar el afirmado en carreteras no pavimentadas son los mismos rangos, al ser considerados óptimos, y tomando el modelo AASHTO por ser más semejantes a la realidad.

Las normas del MTC, a la vez que investiga sus suelos, el terreno de las zonas de carreteras, también incluyen dentro, información ya investigada de la Norma AASHTO.

Según AASHTO M-147. En la tabla N° 2 indican los debidos requisitos de la calidad que deben de cumplir los materiales, indica: CBR con un mínimo del 40%, IP en un rango de 4 a 9%, limite líquido en máximo del 35% y Desgaste de los Ángeles en máximo del 50%. Información y/o requisitos de calidad que también son solicitados en el Manual de las carreteras: de suelos, geología, geotécnica y de pavimentos.

Entonces, no existen diferencias en cuanto a rangos de los valores solicitados en los parámetros de calidad, solo existirán dependiendo de la zona donde se ejecutarán las carreteras.

Por ende, de acuerdo a las comparaciones de ambas Normas, concluimos que las diferencias existentes están dentro de los rangos solicitados para la conformación del afirmado, es así que la primera hipótesis especifica se rechaza la hipostasis

nula y se acepta la hipótesis alternativa que dice que si Existen diferencias en la calidad del afirmado para carreteras no pavimentadas según la MTC en comparación con la Norma USA.

Hipótesis Especifica 2

Ho: La serviciabilidad del afirmado en carreteras no pavimentadas en el Perú no tiene diferencias significativas respecto a la Norma de Sudáfrica

Ha: La serviciabilidad del afirmado en carreteras no pavimentadas en el Perú si tiene diferencias significativas respecto a la Norma de Sudáfrica

El método sudafricano presenta muy claramente tendencia en disminuir espesores de capas cuando se trabaja con una mejor calidad del suelo, algo parecido también sucede con el de AASHTO, que en el Perú se toman varios parámetros de esta.

En cuanto a costo se recomienda usar los parámetros de la Norma del MTC, dado que presenta los menores espesores y por ende costos menores en cuanto a materiales. Y si vemos el nivel y cantidad de información, recomendaría el uso de la Norma sudafricana, por medio de información determinada, permite un menor, las variables de la entrada por tener varias divisiones o códigos para cada material granular a usarse.

En cuanto a los parámetros de calidad que son los que determinan la serviciabilidad de una carretera, existe una diferencia del 5% en cuanto a CBR a favor de la norma sudafricana, el tamaño máximo 50 mm de acuerdo a Norma peruana y 63 mm de acuerdo a la sudafricana, IP menor a 9% en Perú y en Sudáfrica el IP menor a 10%.

En la tabla N° 27, se pueden ver la diferencia de los parámetros solicitados que en conclusión es el que da la calidad del afirmado y por ende su serviciabilidad para el conductor o usuario de dicha carretera.

Por lo tanto, la serviciabilidad de acuerdo a los parámetros de calidad de cada país, se ve que la Norma de Sudáfrica pide mayores requerimientos en cuanto rangos de datos se refiere.

Por ende, si existen diferencias significativas en las normas de ambos países, lo que significa que se acepta la hipótesis alterna, que nos señala que la

serviciabilidad del afirmado en carreteras no pavimentadas en el Perú tiene diferencias significativas respecto a la Norma de Sudáfrica

Hipótesis Especifica 3

Ho: Los métodos procedentes de la Norma de Australia de calidad del afirmado en carreteras no pavimentadas, no son más prácticas y sencillas de ejecutar a comparación de las normas peruanas.

Ha: Los métodos procedentes de la Norma de Australia de calidad del afirmado en carreteras no pavimentadas, son más prácticas y sencillas de ejecutar a comparación de las normas peruanas.

La norma de Australia solicita mayor información en lo que al clima se refiere, dado que dependen de valores mensuales, lo mismo sucede para valores solicitados por AASHTO que son los mismos utilizados en el Perú.

El mayor nivel de la información respecto a las diversas propiedades de los materiales se halla en los métodos de AASHTO, del Perú y Sudáfrica con valores más prácticos están el método australiano.

Al comparar el método con conocimiento del CBR del suelo, resulta que los métodos empleados en el Perú, presenten tendencia a disminuir espesores de capas cuando se trabaja con la mejor calidad del suelo de la subrasante. El método australiano deja diferencias en distribución de datos y el promedio, que pueden estar ocasionados por interpolación de los datos.

Por lo tanto, se concluyó que la Norma de Australia usa datos interpolados para ser así comparados con otros métodos ya analizados, por ende, no se puede determinar si son más sencillas o prácticas de ejecutar en comparación con la norma peruana, ya que en algunos aspectos se diferencian y en otras son parámetros similares.

De acuerdo a las comparaciones de las Normas, se obtiene que la norma peruana se asemeja en los tipos de suelos evaluados a partir del clima y sus cuidados, pero se diferencia en cuanto a materiales o en la designación de materiales específicos como son grava, arena, limo arcilla que son los nombres usados aquí en Perú, pero que en Australia los engloba como suelos con perfil de textura gradual.

Por lo tanto, no se puede afirmar que los métodos australianos sean más prácticos de ejecutar, ya que en Perú es más específico y en Australia se engloban parámetros en uno solo.

Por ende, no se refuerza la hipótesis específica 3, por lo que la tercera hipótesis específica es nula. Y se procede a aceptar la hipótesis nula que señala que Los métodos procedentes de la Norma de Australia de calidad del afirmado en carreteras no pavimentadas, No son más prácticas y sencillas de ejecutar a comparación de las normas peruanas

6.2. Contrastación de Hipótesis General

Ho: No Existen diferencias entre los requisitos de calidad del afirmado para carreteras no pavimentadas según la MTC, con lo cual mejoraremos su serviciabilidad, con respecto a las normas de Australia, Sudáfrica, USA.

Ha: Existen diferencias entre los requisitos de calidad del afirmado para carreteras no pavimentadas según la MTC, con lo cual mejoraremos su serviciabilidad, con respecto a las normas de Australia, Sudáfrica, USA.

Según nuestra investigación pudimos determinar que no existen grandes diferencias en cuanto a los indicativos de las normas de los países mencionados, ya que existen muchas similitudes entre los requisitos de calidad del afirmado para carreteras no pavimentadas, pero que nos deja la posibilidad de poder considerar algunos puntos que podrían mejorar la actual norma peruana dada por el MTC, con lo cual podemos afirmar que se puede anular la hipótesis nula, ya que la alterna es la más acertada en base a nuestro estudio.

CONCLUSIONES

1. El mayor nivel de la información con respecto a propiedades de materiales podemos ver en los datos por el manual o método AASHTO y también el sudafricano como los principales, seguido por normas australianas y peruanas.

El nivel mayor de la información respecto a las propiedades de materiales se encuentra en métodos AASHTO y el sudafricano, seguido por el australiano y el peruano.

Los métodos de deterioro que se emplean en el extranjero en base a principios mecanicistas y empíricos. La diferencia entre los diferentes métodos que estamos comparando está en el cálculo del número o cantidad de los ciclos. Tomando como ejemplo el método australiano que señala que las capas más susceptibles a contraer deformaciones y a tensiones producto de cargas de tránsito son las capas que componen el asfalto y subrasante, en el método sudafricano le dan más énfasis a las granulares y subrasante.

La principal conclusión que obtuvimos es que no se presenta una igualdad con lo ya establecido por los manuales, porque en cuanto a la definición de los tipos de superficie de la rodadura, hay diferencias en una con otras normas, ya sean en las terminologías usadas o como también en su clasificación.

Los manuales según la MTC se contradicen, ya que uno solo considera a las vías de tipo no pavimentadas formadas por agregados naturales pétreos que provienen de canteras, es decir los afirmados, mientras que en el segundo manual solo mencionan al de tipo naturales, afirmados que contienen las gravas naturales, con las homogenizadas y con las superficies ya estabilizadas, y otros en general.

La metodología de tipo visual utilizada en el MTC, en la etapa de proceso del para ser llenado el inventario, califica el nivel de condición de una vía afirmada, pero no una carretera que este conformada de tierra, lo que creara un vacío para la calificación del nivel de condición de la vía a inventariar.

La metodología que se usa, en este caso el visual dispuesta para el relevamiento de fallas no nos describe los componentes básicos del sistema de la evaluación de las vías que se encuentran sin pavimentar.

La metodología dada en el Manual que es visual para el correcto relevamiento de las fallas es casi en su totalidad subjetiva, ya que dependerá de la capacitación que se den, y de la experiencia de quien lo ejecuta; así como poder conocer la metodología en lo que se refiere a las unidades de medida, al tamaño y al número de muestras realizadas en la zona.

a) Según los Manuales para los Caminos de Grava y sin Pavimentar.

Mediante una metodología visual, describen en base a fotografías y de ciertas características que tengan, esto hace que la tarea de la identificación de las fallas sea fácil.

b) Según Manual URCI.

A diferencia de otros tipos de metodología, esta es más objetiva para relevamiento de fallas de serviciabilidad, ya que posee o tiene al componente primordial y principal del sistema de la evaluación de manejo.

Para el relevamiento de las fallas se incluye una buena descripción, buena medición y un buen esquema representativo para cada una de las fallas y el nivel de la severidad en la que se encuentran.

Posee un formato para inventario más completo que menciona específicamente un área de la muestra, tipos de la falla, y de la cantidad de la severidad, para poder calcular el índice de la condición y los niveles de servicio del pavimento, para así sugerir alternativas para mantenimiento de la vía.

El URCI tiene la metodología más objetiva, a diferencia de otros manuales estudiados y el nuestro, que es el de la MTC.

2. El material granular según la Norma AASHTO se aplicará a aquellos con un 35% o porcentaje menor bajo tamiz 0.08 mm, limoso a materiales finos que tienen un índice de plasticidad menor de 10; arcilloso se aplica a materiales finos que tienen un índice de plasticidad 11 o tal vez mayor.

Para materiales de limo arcilla contienen más de 35% bajo tamiz 0.008 mm.

Las diferentes propiedades que influyen dentro de la vida útil de la estructura de carreteras y la más destacada están relacionadas con la capacidad de soporte de

cada capa. Los métodos estudiados señalan que las diferentes capas que son más susceptibles y decaen más pronto a la deformación de tipo permanente y excesiva, son las granulares y de la subrasante, de manera particular la última, dado que depende del tipo del suelo que existe en el terreno. Para poder evaluar la importancia de la capacidad de soporte en el diseño de un pavimento flexible, se presentan tres tipos de suelos: S1, S2 y S3, considerando los valores de CBR mínimos y máximos que se encuentran en la literatura, principalmente en la normativa chilena, donde los valores para CBR empleados son: S1 : suelo con CBR= 10% S2: suelo con CBR= 20% S3 : suelo con CBR= 30% S1 representa el mínimo valor de CBR aceptable para ser utilizado como una capa soportante de la estructura del pavimento, mientras que S3 es el valor máximo en el estudio. Se señala que el mínimo valor de CBR que se emplea en la subbase que se encuentra es de un 40%, pero teniendo en cuenta que generalmente éste valor no se encuentra in situ o es más complicado obtenerlo por intermedio de un mejoramiento como el suelo de subrasante, se define un valor para el suelo S3 menor, además se da una diferencia de 10% entre cada tipo de suelo.

Al evaluar cada tipo de método conociendo el valor de CBR del suelo, se presenta que los métodos conocidos como el de AASHTO, peruano y el sudafricano, representan una tendencia clara en disminuir o bajar la medición de los espesores de capas cuando se trabaja con la calidad del suelo de subrasante. Por esto, el método australiano presenta diferencias en la distribución de los datos, que pueden estar ocasionadas por la interpolación de datos. Además, el método español por ejemplo indica no tener diferencias para un CBR de 20% y 30%, ya que las soluciones por medio de las cartillas que ellos manejan, utilizan rangos de valores según el tipo de suelo que ellos estudian y estos tipos de suelos están incluidos en un mismo ítem.

3. En base al estudio, en términos de los costos se recomendaría el uso del método peruano y el AASHTO, dado que, para su diseño, solicita menores espesores en estructura de pavimento flexible y esto hace que los costos sean menores en cuanto a materiales. De acuerdo al nivel de la información, se recomienda también el empleo del método sudafricano, ya que, por medio de la información predeterminada que ellos manejan, se permite un menor análisis de variables o datos de entrada y nos proporciona soluciones para un rango o cantidad de tránsito

solicitante a costos poco elevados comparados con el método utilizado en el Perú actualmente. Desde el punto de vista de la estructura, se recomienda la utilización del método empírico mecanicista, porque su análisis se aproxima más a la realidad, pero con mayor énfasis en la variable del clima, ya que afecta el comportamiento de los materiales, como el caso del asfalto. Siendo, el método que se más aproxima a este concepto es el australiano, pero es necesario el analizarlo en mayor profundidad, dado que algunos de los datos fueron interpolados, para ser comparados con los otros métodos estudiados.

4. La mayor cantidad de información respecto a las propiedades de los diferentes materiales a usarse, se encuentra en los métodos de AASHTO, de Perú y Sudáfrica principalmente, ya con valores más prácticos como el método australiano.

Al comparar el método y conociendo el valor CBR del suelo, se obtiene que los métodos empleados en el Perú, presenten una alta tendencia en el disminuir los espesores de las capas, esto solo cuando se trabaja con una buena y mejor calidad del suelo de subrasante. El método australiano presenta otras diferencias en la distribución de los datos y el promedio de estos.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda mejorar y publicar nuevos manuales para caminos de tipo no pavimentados, ya que la información en los manuales de la MTC, están dispersa o en algunos casos no coinciden y también existen terminologías que en su definición llegaran a contradecirse.
2. Se debería poner mayor énfasis respecto al tema del relevamiento de fallas, de esta manera poder determinar los niveles de servicio, ya que será de mucha ayuda para poder dar un mejor mantenimiento a las carreteras y así optimizar el trabajo en puntos específicos y en las zonas más afectadas.

Actualizar los formatos de los inventarios para relevamiento de fallas, para determinar en qué estado se encuentran los niveles de serviciabilidad, ya que por ahora son muy generales para esta forma de trabajos.

3. Se debe aclarar la información sobre el relevamiento de fallas ya que solo se anuncia en algunas normas que son útiles para los caminos al nivel afirmado, y en otras que no son para un terreno natural.
4. Aspectos claves en la Conservación de carreteras no pavimentadas

El nivelar y poder conformar la superficie de rodadura para mantener bien definido una gradiente hacia adentro o también hacia fuera o en un bombeo que permita desalojar el agua más rápidamente de la rodadura.

El Compactar en este caso la superficie ya nivelada de la calzada para mantener una superficie muy resistente al rodamiento de los vehículos y así poder evitar la pérdida de los finos.

Mantener mojada o humedecida casi siempre la superficie de la vía.

Remover ahuellamientos.

Reemplazar el material granular de rodadura cuando se deba.

Limpiar las cunetas y arreglarlas cuando sea el necesario para tener capacidad de flujo más adecuada.

No nivelar las cunetas que estén en buen estado o las que no sean necesarios.

Retirar escombros que se encuentren a la entrada de las alcantarillas, de esta manera evitar el taponamiento y también el desbordamiento de aguas.

Revisar que no existan daños ni indicios de una socavación.

Reconfigurar o reparar las estructuras dañadas para que funcionen de forma debida.

Sustituir o en caso reparar los enrocados dañados, muros de concreto o de vegetación usados para la protección de los taludes en las vías, protección contra socavación o disipación de la energía.

Podar vegetación que impida el libre tránsito a los lados de la carretera (quitar maleza) para poder mejorar a favor del usuario la distancia de visibilidad y de la seguridad del tránsito.

Sustituir y/o completar señales faltantes o las dañadas de la información de la carretera, la seguridad y las diferentes reglamentaciones.

5. Prácticas recomendadas para carreteras no pavimentadas

Llevar a cabo el mantenimiento cuando lo requiera, y no esperar; mientras más sea el de espera, los daños se irán acumulando, lo que como consecuencia será que también los gastos de mantenimiento sean mayores o costosas.

Volver a nivelar y configurar periódicamente la superficie de la vía para así poder mantener un drenaje más idóneo.

Rellenar ahuellamientos y baches con el material granular debidamente compactado, más frecuentemente en cantidades como sea posible.

Aplicar un material para mejora y estabilizar una superficie de la tierra, como puede ser con los agregados, cantos rodados, de manera de así proteger la calzada contra daños y el disminuir la frecuencia de los mantenimientos.

Evitar lo más posible el ensanchar la carretera o incurrir en el exceso de la inclinación de los taludes de la vía en lo que respecta al relleno, formados al empujar con la cuchilla el material fuera del camino.

Mantener siempre las cunetas de la vía, como también las alcantarillas libres de desechos y escombros, conservando así una superficie más resistente a la erosión, mediante mejoramiento con pasto o enchapado de piedra en las cunetas.

Retirar los desechos y también mantener limpias las cunetas y/o las zanjas de drenaje.

Mantener los vados superficiales configurados y bien nivelados.

Dejar siempre una mayor cantidad de vegetación en la zona de cunetas, en taludes de cortes y de rellenos (sobre todo pasto y la maleza de crecimiento lento). Sin embargo, asegurarse que los sistemas de drenaje sigan funcionando de manera correcta.

Retirar los materiales desprendidos en la calzada o en el interior de cunetas donde el material pueda obstaculizar el normal drenaje de la superficie de rodadura.

En algunos casos es más conveniente, cerrar la carretera en el periodo en donde exista demasiada lluvia o algunos periodos sin actividad.

Inspeccionar siempre el camino a intervalos regulares, más que todo luego de las temporadas lluviosas fuertes y constantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araya Alemgena A. (2011). *Characterization of Unbound Granular Materials for Pavements*. (Maestría en Ciencias en Transporte e Ingeniería de Caminos, IHE / TUDelft,). Países Bajos geboren te Mekelle - Etiopía.
- AASHTO (1993). *Guide for design of pavement structures*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington D.C. Estados Unidos.
- Cardenas Robles John Neals (2012). *Estudio Comparativo de Metodologías de Relevamiento de Fallas En Caminos No Pavimentados*. (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima – Perú.
- Esquivel Jurado, Karen V. (2016). *Diseño para el mejoramiento de la carretera vecinal tramo: Chulite – Rayambara – la Soledad, distritos de Quiruvilca y Santiago de Chuco, provincia de Santiago de Chuco – departamento la Libertad*. (Tesis de pregrado). Universidad Cesar vallejo, Lima - Perú.
- Kraemer C., Pardillo J.M., Rocci S., Romana M., Sánchez V. (2004). *Ingeniería de Carreteras Vol. II*. España: Mc. Graw Hill.
- Maron Callo Abel. (2015). *Evaluación Geológica y Geotécnica de la Carretera Llache - Cala Cala - Progresivas 00+00 Al 17+640 – Pedro Vilcapaza – San Antonio de Putina*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Altiplano Puno, Puno - Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). *Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). *Manual de carreteras - Mantenimiento o conservación vial*. Lima, Perú.
- Proyecto TRH4 (1996). *Diseño estructural de pavimentos flexibles*. Pretoria, Sudáfrica.
- Wahr C., Vivanco J., Winkler R., (2011). *Evaluación del Método Sud - Africano de Diseño y del Software de Diseño Mepads en Pavimentos V Región*. Sudafrica.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz De Consistencia

(Continua)

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE		METODOLOGIA DE INVESTIGACION
PROBLEMAS GENERAL	OBEJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE X	VARIABLE Y	TIPO DE INVESTIGACION
¿De qué manera se podrán utilizar parámetros de calidad del afirmado en carreteras no pavimentadas en el Perú según norma MTC con el fin de mejorar la serviciabilidad usando las propuestas de USA, Australia, Sudáfrica, etc?	Proponer parámetros de calidad del afirmado en carreteras no pavimentadas del Perú, a fin de mejorar su serviciabilidad a través de análisis de parámetros de otros países.	Encontrando diferencias que existe entre los requisitos de calidad del afirmado para carreteras no pavimentadas según la MTC y normas de otros países, mejoraremos su serviciabilidad.	Parámetros calidad afirmado	Serviciabilidad	<p>Aplicada: Busca o modifica una realidad problemática.</p> <p>Cualitativa: Porque es atreves de la recolección y análisis de datos.</p> <p>No experimental: Porque no establece ni puede probar relaciones causales directas entre dos variables.</p>
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICOS	DIMENSION X	DIEMNSION Y	NIVEL DE INVESTIGACION
¿Qué diferencias existen en la granulometría, CBR, IP del afirmado para carreteras no pavimentadas según la Norma de la MTC y la Norma USA?	Evaluar, los parámetros de granulometría, CBR e IP que se usan en afirmado de carreteras no pavimentadas del Perú, con las Normas de USA, para ser empleadas en nuestro país.	Existen diferencias en la calidad del afirmado para carreteras no pavimentadas según la MTC en comparación con la Norma USA	X1: Granulometría X2: Límites X3: Resistencia	Y1: Índice de rugosidad Y2: Fallas afirmado	Correlacional: Tiene la finalidad de conocer el comportamiento de una variable a través del conocimiento de otras variables.

<p>¿La serviciabilidad del afirmado en carreteras no pavimentadas en el Perú es mayor o menor con respecto a la Sudafrica?</p>	<p>Evaluar la serviciabilidad del afirmado en carreteras no pavimentadas en el Perú con respecto a la Norma de Sudafrica.</p>	<p>La serviciabilidad del afirmado en carreteras no pavimentadas en el Perú tiene diferencias significativas respecto a la Norma de Australia.</p>	<p>INDICADOR X</p>	<p>INDICADOR Y</p>	
<p>¿Cuáles son los métodos procedentes de la evaluación de la Norma de Australia para determinar la calidad del afirmado en carreteras no pavimentadas con respecto a nuestra norma del MTC?</p>	<p>Comparar los métodos procedentes de la evaluación de la Norma de Australia para la calidad del afirmado en carreteras no pavimentadas con respecto a nuestra norma del MTC.</p>	<p>Los métodos procedentes de la Norma de Australia, de calidad del afirmado para carreteras no pavimentadas, son prácticas y sencillas de ejecutar a comparación de las normas peruanas.</p>	<p>X1: Tamaño máximo X2: IP X2: CBR.</p>	<p>Y1: IRI Y2: Tipos, fallas</p>	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2: Sistema de Clasificación AASHTO

SISTEMA DE CLASIFICACION AASHTO											
Clasif. General	Suelos Granulares ($\leq 35\%$ pasa 0.08 mm)						Suelos Finos ($> 35\%$ bajo 0.08 mm)				
Grupo	A - 1		A-3	A-3				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
Sub-Grupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6*	A-2-7*				A-7-5**
2 mm	≤ 50										
0.5 mm	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
0.08 mm	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35				≥ 36			
W _L				≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41
IP	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Descripción	Gravas y Arenas		Arena fina	Gravas y Arenas Limosas y Arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
** A - 7 - 5 : IP \leq (W _L - 30)						A - 7 - 6 : IP $>$ (W _L - 30)					
$IG = (B/0.08 - 35) (0.2 + 0.005 (W_L - 40)) + (B/0.08 - 15) (IP - 10) * 0.01$											
<p>* Para A - 2 - 6 y A - 2 - 7: $IG = (B/0.08 - 15) (IP - 10) * 0.01$</p>											

Anexo 3: Clasificación De Cbr – Australia

Calse de CBR	SG4	SG3	SG2	SG1
CBR de diseño de la subrasante	< 3	3 - 7	7 - 15	> 15
Capas selectas agregadas: Superior inferior	No aplicable	150 mm G7 150 mm G9	150 mm de G7	-
Tratamiento de la subrasante en el sitio	Requiere tratamiento especial	Desgarrar y recompactar hasta 150 mm de G10	Desgarrar y recompactar hasta 150 mm de G/	Desgarrar y recompactar la hasta 150 mm de G7

Anexo 4: Cuadro Comparativo de Parámetros de Calidad entre Perú y USA

		PERU	USA (AASHTO)
Material		Tamaño partículas	Tamaño partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm	80 mm, retenido en el tamiz 2
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm	Arena gruesa: 2 2 mm – 0.5 mm
		Arena media: 2.00 mm – 0.425 mm	
		Arena Fina: 0.425 mm – 0.075 mm	Arena Fina: 0.5 mm – 0.08 mm
	Material fino	Limo 0.075 mm – 0.0005 mm Arcilla Menor a 0.005 mm	Material que pasa por el tamiz 0.08 mm
Índice de Plasticidad	: 4-9%	IP < 10%	
CBR (1)	: 40% mín.	≥ 45%	

Fuente: Elaboracion propia.

Anexo 5: Características de los Materiales de Sud – África y Perú.

	Perú	Sub- Africa
Bases	CBR > 80; Limite liquido < 25; IP < 6: tamaño maximo 50 mm; 95 mm AASHTO modificado	Nombre: G4 CBR ≥ 80; tamaño máximo 53 mm; 98 – 100 AASHTO modificado; IP < 6 hinchamiento 0,2 @ 100% AASHTO modificado
Subbases	CBR ≥ 40; tamaño maximo 50 mm; 95 min AASHTO modificado y a 0,2'' de penetración; Limite Liquido < 35: IP < 8; tamaño máximo 50 mm.	Nombre: G5 CBR ≥ 45; tamaño maximo 63 mm o 2/3 del espesor de la capa; la densidad debe ser como la prescrita para el uso de la capa; IP < 10: hinchamiento 0.5 @ 100% AASHTO modif.

Fuente: (SADOT)

Anexo 6: Cuadro Comparativo de los Materiales Usados en Carreteras

Descripción	MTC Manual de transporte de carreteras(Perú)	Manual de carreteras Sudáfrica	ARRP (Australia)	AASHTO (USA)
Pavimento	Camino de tierra de grava de afirmados	Asfalto flexible roca Semi rígido Concreto rígido Grava		Suelos granulares Suelos limo arcilla Suelos organicos
Suelos	Tipo de material Tamaño de 95 artículos Grava 75 mm – 4.75 mm Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm Arena media: 2.00 mm – 0.425 mm	Gravas Los mismos que se dividen en materiales granulares en: Graded Crushed Stone G1 – G2 – G3 Natural Gravel soil (procesada) G4 – G5 – G6 Gravel Soil G7 – G8 – G9 – G10 Waterbound Macadam WH	Suelos con perfil de textura uniforme	Suelos granulares. suelos cuyo % que pasa el tamiz N° 200 es menor o igual al 35% del total de la muestra. Estos constituyen grupos A-1, A-2 y A-3. Suelos limo-arcilla o material fino. suelos cuyo % que pasa el tamiz N° 200 es mayor al 35% del total de la muestra. Estos constituyen los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Suelos orgánicos. suelos constituidos principalmente por materia orgánica. Este tipo constituye el grupo A-8.
Materiales	Granulares Grava Arena Material fino: limo arcilla	Asfalto flexible roca Semi rígido Concreto rígido grava	Suelos con perfil de textura gradual	Grava Arena El limo y arcilla
Características de materiales		Granular o sin consolidar Cementado ligado Bituminosos ligado	Suelos con perfil de textura doble	
Fallas	Deformaciones Erosión Baches Encalaminado Lodazal y cruce de agua		Suelos orgánicos	
Causa de fallas				

Fuente: Elaboración propia