



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

“MEJORAMIENTO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA A NIVEL DE AFIRMADO MEDIANTE EL USO DE CLORURO DE MAGNESIO COMO MEJORADOR DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE”

PRESENTADO POR EL BACHILLER

CALDERÓN ZEVALLOS, MARCO RAÚL

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

HUÁNUCO – PERÚ

2017

DEDICATORIA

Dedico la presente TESIS al padre celestial por ser mi guía y quien ha estado a mi lado en todo momento dándome la fortaleza para llegar a la meta.

A mis padres que con su amor y comprensión han sido un apoyo constante en este proceso, haciendo posible la culminación satisfactoria de la misma.

AGRADECIMIENTO

A las autoridades, colegas, docentes y personal administrativo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Alas Peruanas, para ellos mi profundo agradecimiento y reconocimiento.

A los Docentes y Asesores, quienes con su amplia experiencia y trayectoria en su ejercicio profesional, dieron una valiosa contribución en el desarrollo de esta investigación. A el en nombre de mi familia y el mío propio, el más grande de los agradecimientos y reconocimiento, por haber hecho realidad este sueño que desde un inicio parecía, imposible, por las innumerables dificultades y haber tenido la paciencia de convertirlas en retos.

A mis familiares que han contribuido con su apoyo moral que me impulsaron a seguir adelante y lograr la realización del objetivo y la meta trazada al asumir este reto.

RESUMEN

La presente Tesis de investigación tiene como objetivo determinar la contribución de los aditivos químicos en el mejoramiento de las capas superficiales de rodadura de la carretera a nivel de afirmado.

El mejoramiento de carreteras con uso de aditivos químicos es un tema de estudio e investigación que proviene de la necesidad de contribuir al progreso de las regiones de un país, el presente informe titulado "MEJORAMIENTO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA A NIVEL DE AFIRMADO MEDIANTE EL USO DE CLORURO DE MAGNESIO COMO MEJORADOR DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE", ha desarrollado cada uno de los objetivos específicos planteados para su ejecución, para el mantenimiento de una Carretera a Nivel de Afirmado.

El mejoramiento de la carretera, involucra, en una distancia de 20.437 km, y el desvió a la Comunidad de San Cristóbal con una distancia de 0.735 Km una, distancia acumulada de 21.17 Km el cual interconecta a los Centros Poblados de unión vistoso-pueblo libre-san pedro-san Cristóbal-nuevo progreso-quisto central.

Para poder conservar dichas superficies y que no experimenten un deterioro acelerado en el tiempo, se propuso aplicar aditivos químicos (Cloruro de magnesio) como alternativas de solución. Se aplicaron éstos aditivos in situ de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, al tipo de suelo y de dos variables determinantes para su aplicación respectiva: El Índice de plasticidad y el porcentaje de finos que pasan la malla N°200.

La construcción de estos sectores de prueba estuvo sujeta a las mismas condiciones de clima, mismas condiciones geométricas de tráfico vehicular y del mismo tipo de suelo (aporte de material de cantera). Luego de hacer el monitoreo después de aplicado, estos productos se compararán y proyectarán su desempeño en el tiempo por medio de dos indicadores: El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Condición en Vía No Pavimentada (ICVNP).

Con los resultados obtenidos se pretende incentivar las posteriores investigaciones de la gran gamma de aditivos químicos que existen en el medio y bajo condiciones determinadas poder proponer su utilización en la conservación superficial de la carpeta de rodadura en una vía no pavimentada.

Palabras clave: cloruro de magnesio, agregados, agua.

SUMMARY

The present Thesis research has as Objective To determine the contribution of chemical additives in the Improvement of surface layers tread the road to level claimed. Methods and materials; quantitative, Applied and experimental, Deductive Method.

Improvement of Roads with the use of additives Chemical is a subject of study and research comes from the s need to contribute to the progress of Regions UN Country, the present report entitled "USE OF CHEMICAL ADDITIVES FOR IMPROVING THE tread ROAD IEVEL STATED IN THE TOWN oF UNION showy-Pueblo Libre-San Pedro-SAN CRISTOBAL-NUEVO PROGRESO-Quisto CENTRAL DISTRICT Pichari THE CONVENTION CUSCO "developed Each of the raised Specific Objectives for execution, for maintaining a level Affirmed Road.

Highway Improvement involves, at a distance of 20.437 km, and diversion to the Community of San Cristobal with a distance of 0.735 kilometers one cumulative distance of 21.17 km which is interconnects a population centers of cohabiting colorful-town -San Pedro-San Cristobal-Nuevo Progreso-Quisto center.

Conserving Power para these surfaces and no UN experience accelerated deterioration in Time, was proposed APPLYING Chemical Additives (magnesium chloride) As alternative solutions. These additives were applied in situ Agreement manufacturer recommendations, soil type and determinants Two Variables for their respective Application: The plasticity index and the percentage of fines passing the mesh No. 200.

Construction of these sectors test was subject to the same conditions of climate, same geometric conditions of vehicular traffic and the same type of soil (supply of quarry materials). After making monitoring Once applied, these products are compared and project their performance over time by two indicators: The International Roughness Index (IRI) and Condition Index in Via no Pavimentada (ICVNP).

With the results is intended to encourage further investigations of the great gamma of chemical additives that exist in the Middle and Lower certain conditions to propose their use in surface Conservation rolling Folder On A Paved Via no.

INDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
RESUMEN	4
SUMMARY	5
INDICE	6
INTRODUCCION	8
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO.....	9
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	9
1.2 DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
1.2.1. Espacial:.....	10
1.2.2. Temporal:.....	10
1.3 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN.....	10
1.2.1. Problema General	10
1.2.2. Problemas Específicos	10
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
1.4.1. Objetivo General.....	10
1.4.2. Objetivos Específicos	11
1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	11
1.5.1. Hipótesis General	11
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	11
1.6 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
1.7 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	12
1.8 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	12
1.8.1. Población - Ubicación del proyecto	12
1.8.2. Ubicación política	12
1.8.3. Ubicación geográfica:	13
1.9 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	16
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	16
2.1.1. Importancia Histórica de Los Caminos	16
2.1.2. Los Caminos en la Historia del Perú	17
2.2 BASES TEORICAS	18
tecnología de los materiales o de la construcción	18

2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	27
2.3.1.	SUELOS	27
2.3.2	CAMINOS	34
2.3.3.	PAVIMENTO.....	34
CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS		37
3.1.	CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO	37
3.2.	INGENIERIA DEL PROYECTO	40
CAPÍTULO IV: PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS		49
4.1.	PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL	49
4.2.	ESTUDIOS BASICOS.....	62
4.3.	RESULTADOS.....	65
CONCLUSIONES.....		70
RECOMENDACIONES		72
FUENTES DE INFORMACION		74

INTRODUCCION

Las Actividades de Mantenimiento de Infraestructuras viales urbanas y rurales surgen de unir los pueblos y comunidades del Distrito que se encuentran alejadas para poder comunicarse por una parte y obtener su desarrollo integral al contar con vías apropiadas para el traslado de sus productos.

Actualmente las trochas carrozables necesitan su mantenimiento debido a que su superficie de rodadura se encuentran en mal estado y desgastadas por las fuertes precipitaciones pluviales y erosiones naturales que han azotado en estos últimos tiempos en toda la Región, lo que a su vez ha ocasionado que las alcantarillas y cunetas se encuentren colmatadas de piedras, tierra y malezas; lo cual genera dificultades en el tránsito regular de los vehículos e incomodidad de los pasajeros en todo su recorrido. Por lo que los moradores deben trasladar sus productos a los puestos de expendio así como desplazarse a sus centros de trabajo o estudio a través de las trochas carrozables existentes y en mal estado, ocasionando un mayor costo para su traslado debido a la poca viabilidad de carreteras.

La presente investigación "MEJORAMIENTO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA A NIVEL DE AFIRMADO MEDIANTE EL USO DE CLORURO DE MAGNESIO COMO MEJORADOR DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE". Se realiza con el objetivo de recuperar la superficie de rodadura, limpieza y perfilado de las cunetas laterales, garantizando de esta manera el tránsito vehicular adecuado y bajo las condiciones óptimas de transporte de pasajeros y de sus productos agrícolas, así poder contribuir al progreso de los Centros Poblados directamente involucrados y así como otros pueblos aledaños.

El presente estudio muestra el desarrollo de objetivos específicos que cambiarán la situación actual de transitabilidad para estos Centros Poblados permitiendo la comunicación entre los diferentes núcleos urbanos y rurales, para lo cual se realizará dicho Trabajo que consta de un acumulado de 21.17 km., cuyo ancho de superficie de rodadura tiene un promedio de 4.5 m y los trabajos se realizaran con maquinarias.

La inestabilidad de los suelos es uno de los principales problemas que presentan las carreteras no pavimentadas; para corregir este problema se usan variadas técnicas de estabilización de suelos; una de las formas de estabilización de suelos, es aquella que se realiza utilizando productos químicos no tóxicos que dotan a estos suelos (carreteras) un mejor comportamiento en servicio.

La presente investigación es importante porque permite conocer la ventaja técnica, y ambiental de los productos químicos estabilizadores, en las carreteras no pavimentadas ubicada en la selva Perú

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La vía vecinal unión vistoso-pueblo libre-san pedro-san Cristóbal-nuevo progreso-quisto central, distrito de Pichari, provincia la convención – cusco, se encuentran en una situación precaria, por lo que sus únicos medios de comunicación son las trochas carrozables, las mismas que en la actualidad se encuentra en un estado lamentable.

Dichos centros poblados actualmente cuentan con una trocha carrozable que se encuentra en mal estado, dificultando así el ingreso de los vehículos, para sacar sus productos al mercado.

La gran demanda de productos agrícolas, pecuarios y forestales a falta de una vía de comunicación terrestre no puede ser aprovechada perjudicando a los pequeños productores hacia el puerto en el río Apurímac.

La falta de comunicación e intercambio comercial, cultural y social entre la comunidad beneficiaria y las principales ciudades del Distrito.

El costo elevado de los productos alimenticios, vestidos, industriales, combustible y materiales de construcción, pues debido al elevado costo de transporte.

La economía de estos centros poblados, depende de las actividades agrícolas y pecuarias, que urgen de esta vía para poder transportar sus productos finales a los principales mercados del distrito y de otras localidades de la región. Al no contar con una vía adecuada, origina sobrecostos de transporte, tanto para adquisición de sus insumos como para la venta de sus productos, lo cual conlleva a una disminución de las utilidades y por ende, a la afectación de sus alicaídas economías.

La prestación del servicio de transitabilidad de la trochas carrozables desde los Centros Poblados del área de influencia hacia la Carretera, es limitada debido a la presencia de ondulaciones y grietas en su superficie, así mismo, el comportamiento mecánico del suelo evidencia en ciertos tramos de la trocha la existencia de material granular con finos de alta plasticidad, que al contacto con el agua de las precipitaciones en tiempos de avenida e inundaciones producto del riego no controlado de los campos de cultivo, estos tramos se convierten en áreas de lodazales y fango que deterioran las vías de comunicación, dejándolas en condiciones poco transitables, dificultando el acceso fluido y continuo de estos lugares.

Esta actividad se puede considerar como prioridad por tener un carácter comunal

los cuales se encuentran al servicio de este Distrito que busca el desarrollo económico y social de la zona rural

La investigación se realizó en el departamento de cusco, provincia la convención, distrito de pichari, Unión Vistoso-Pueblo Libre-San Pedro-San Cristóbal-Nuevo Progreso-Quisto Central, para el uso de aditivos químicos en el mantenimiento de las superficies de rodaduras de la trocha carrozable.

El estudio se llevó acabo entre los meses de febrero a abril del 2013, tiempo que permite realizar el análisis y la experimentación de dicho proceso.

1.2 DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Espacial:

Unión Vistoso – Pueblo Libre – San Pedro - San Cristóbal - Nuevo Progreso - Quisto Central departamento de Cusco distrito Pichari, provincia La Convención

1.2.2. Temporal:

investigación de 6 meses calendarios.

1.3 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

1.2.1. Problema General

- ¿Qué características deberá tener el Mejoramiento de la superficie de rodadura de la Trocha Carrozable con el uso de aditivos químicos, para lograr una transitabilidad permanente y contar con medios de transporte eficientes que permitan a la población tener mayores ingresos económicos y mejor calidad de vida?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es la contribución del uso de aditivos químicos en el mejoramiento de la superficie de rodadura de la carretera a nivel de afirmado?
- ¿Cuál es la contribución de los aditivos químicos en la resistencia en la superficie de rodadura?
- ¿En qué medida los aditivos químicos contribuyen en la durabilidad de las capas superficiales de rodadura?

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

- Realizar el Análisis del "MEJORAMIENTO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA A NIVEL DE AFIRMADO MEDIANTE EL USO DE CLORURO DE MAGNESIO COMO MEJORADOR DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE"; la misma que se

comunica con el Distrito de Pichari para lograr una transitabilidad permanente acorde a los requerimientos de uso solicitados.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Levantamiento Topográfico de la carretera en estudio.
- Realizar el Estudio de Mecánica de Suelos, para identificar las características físicas, químicas y estratigráficas.
- Ejecutar el Estudio Hidrológico para la zona de intervención y el diseño de las Obras de Arte.
- Ejecutar el Estudio de Impacto Socio Ambiental con la finalidad de evaluar el medio ambiente antes, durante y después del proyecto, tanto en lo negativo y positivo.
- Conocer la contribución del uso de aditivos químicos en el mejoramiento de la superficie de rodadura de la carretera a nivel de afirmado.
- Conocer la contribución de los aditivos químicos en la resistencia en las superficies de rodadura.
- Conocer la contribución de los aditivos químicos en las capas superficiales de rodadura.

PROYECTO VIAL PARA EL "MEJORAMIENTO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA A NIVEL DE AFIRMADO MEDIANTE EL USO DE CLORURO DE MAGNESIO COMO MEJORADOR DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE"

1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Hipótesis General

- El uso de aditivos químicos en la superficie de rodadura de la Trocha Carrozable, logra una transitabilidad permanente y cuenta con medios de transporte eficientes que permitan a la población tener mayores ingresos económicos y mejor calidad de vida.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- El uso de aditivos químicos contribuye al mejoramiento de la superficie de rodadura de la carretera a nivel de afirmado.
- La resistencia en la superficie de rodadura contribuye a los aditivos químicos.
- Los aditivos químicos contribuyen en la durabilidad de las capas superficiales de rodadura.

1.6 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Variable independiente: mejoramiento de la superficie de rodadura a nivel de afirmado mediante el uso de cloruro de magnesio como mejorador de la capacidad de soporte.

1.6.2. Variables dependientes: En la ciudad del Cusco, distrito Pichari, provincia La Convención.

1.7 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. Tipo de Investigación enfoque cuantitativo

1.7.2. Nivel de Investigación explicativa y analítica porque está orientado a explicar la contribución de los aditivos químicos en el proceso del mantenimiento de la carretera a nivel de afirmado. Con el propósito de que la presente investigación guarde la rigurosidad necesaria y sea a su vez coherente con el tipo y el método de investigación, en el presente estudio se utilizó un Diseño experimental.

1.7.3. Métodos de Investigación El método para el presente caso de investigación es la de deductivo, analítico y sintético a causa de que se busca encontrar mediante un estudio de campo las características y rasgos de la aplicación del uso de los aditivos en las superficies de rodadura y su contribución que tiene el cloruro de magnesio en cuanto a su resistencia y durabilidad de las capas superficiales en obras de ejecución en obras civiles.

1.7.4. Diseño de investigación Experimental.

1.8 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

1.8.1. Población - Ubicación del proyecto

El proyecto en estudio se encuentra ubicado en el Distrito de Pichari, Provincia de La Convención y Departamento de Cusco, Así mismo, se encuentra ubicada a 59.85 km aproximadamente hasta el inicio de la trocha en estudio, y el tiempo de recorrido desde pichari hasta el lugar del proyecto, es de $\frac{3}{4}$ de hora en camioneta y de una hora al final del tramo.

1.8.2. Ubicación política

Departamento : Cusco

Provincia : La Convención

Distrito : Pichari
 Lugar : Unión Vistoso – Pueblo Libre – San Pedro - San Cristóbal - Nuevo Progreso - Quisto Central

1.8.3. Ubicación geográfica:

El área de la actividad está comprendida entre las siguientes coordenadas UTM.

Norte : 8623219.87 (Inicio de tramo) - 8628836.46 (Fin de tramo)

Este : 623357.85 (Inicio de tramo) - 620592.96 (Fin de tramo)

Altitud : 569 m.s.n.m (Inicio de tramo)- 542 m.s.n.m.(Fin de tramo)

FIGURA # 01

LOCALIZACION DE PICHARI

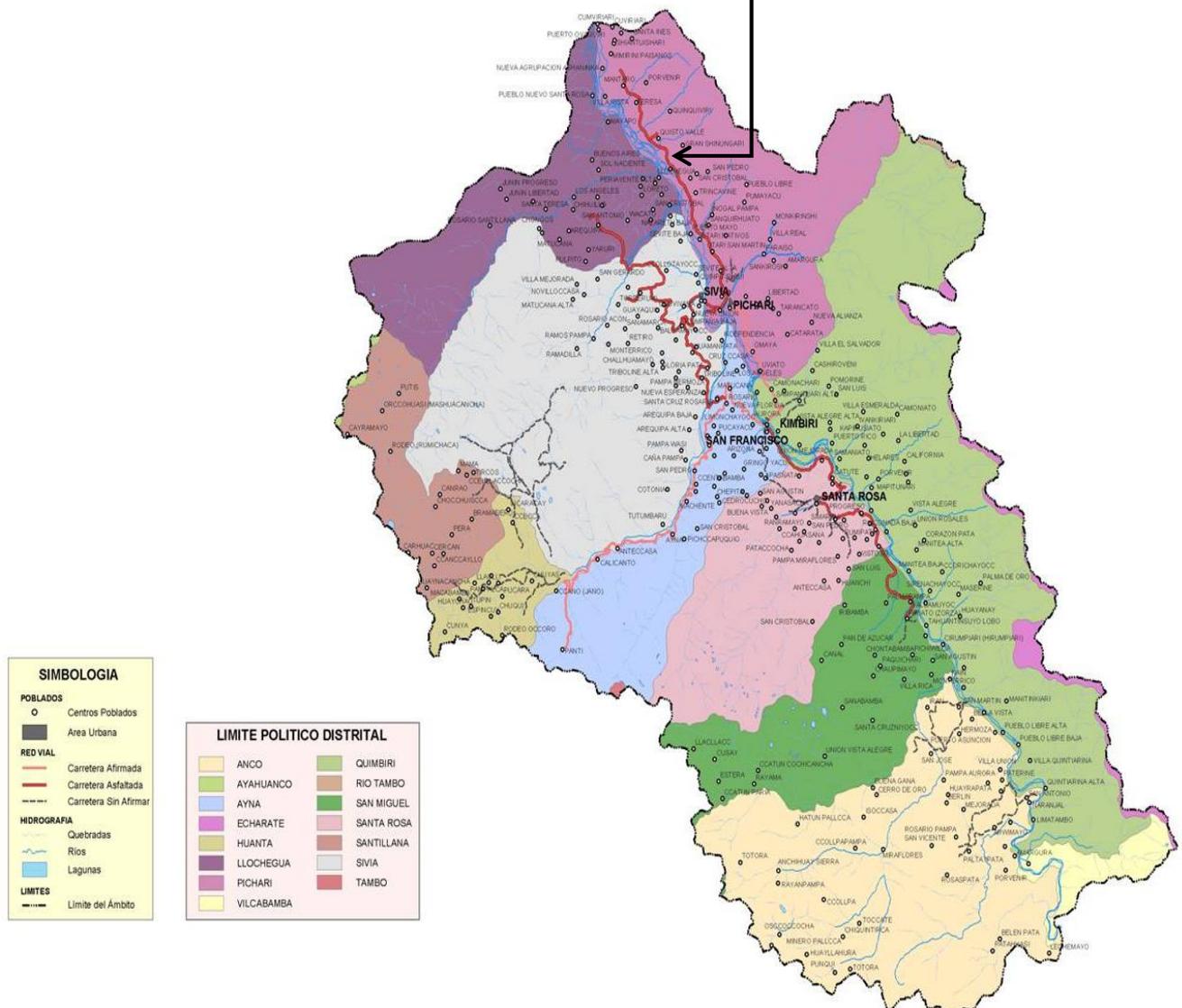
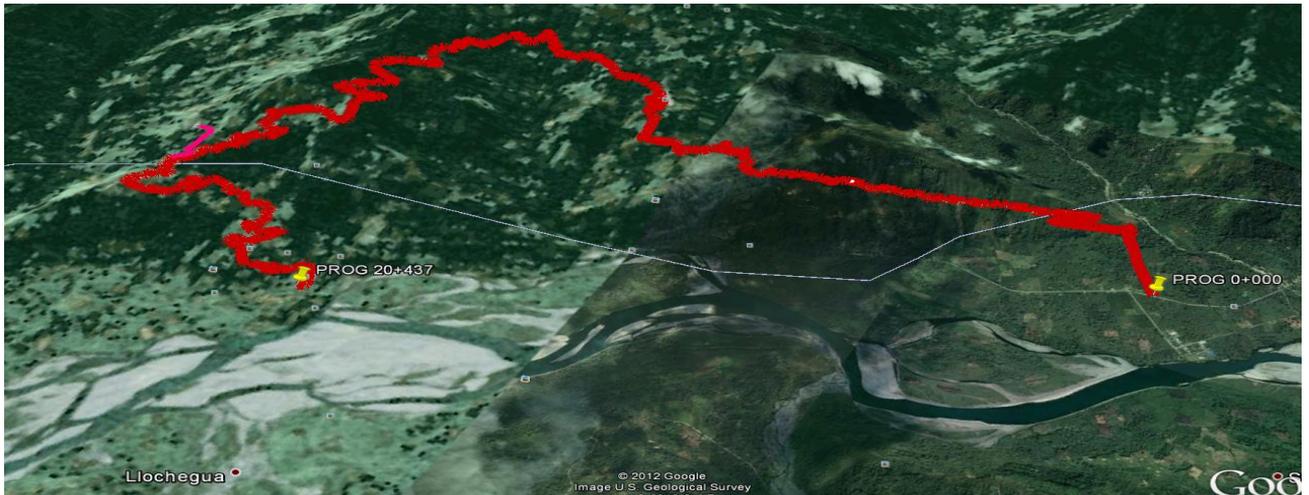


FIGURA # 02

UBICACIÓN DE LA ZONA DE PROYECTO



1.7.1. Vías de acceso

El acceso principal al Distrito de Pichari es por la vía principal a la Ciudad de Ayacucho, no tiene articulación directa con la ciudad del Cusco; en tal sentido el acceso desde Lima y otras ciudades del país hasta la ciudad de Ayacucho es por vía aérea o terrestre. La primera con servicios diarios de las principales líneas aéreas peruanas. Mientras que la segunda, desde Lima mediante carretera asfaltada; de Huancayo por una vía afirmada, al igual que desde Andahuaylas, Abancay y Cusco. El Distrito de Pichari se articula con la red Nacional mediante la ruta nacional (024B) y la ruta Departamental (101A).

Resumen de vías de acceso al Distrito de Pichari:

CUADRO # 01

DESDE	HACIA	DIST.	TIPO VIA	TIEMPO	MEDIO
AYACUCHO	QUINUA	32.70 KM	ASFALTADA	1.00 hora	Vehicular
QUINUA	SAN FRANCISCO	168.00 KM	AFIRMADA	5.00 hora	Vehicular
SAN FRANCISCO	PICHARI	22.00 KM	ASFALTADA	0.25 hora	Vehicular
PICHARI	DESVIO NOGALPAMPA	8.00 KM	ASFALTADA	0.16 hora	Vehicular

TOTAL 230.7 KM

6.43 Horas

1.9 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.9.1. Justificación

Para iniciar cualquier trabajo es necesario tomar en cuenta la importancia que tiene la estructura de análisis, su costo, su configuración y ver las posibles consecuencias que su falla provocaría; se debe entonces pensar en una investigación.

La ejecución de este proyecto permitirá el fácil acceso a estos Centros Poblados, pues el morador, en su condición de agricultor, tendrá la facilidad para efectuar el comercio de sus productos, evidenciado por el rápido traslado de éstos hacia los centros de comercialización, colocando al agricultor en una situación ventajosa respecto al crecimiento económico de la región, generando así un bajo costo de inversión en el proceso de expendio de sus cultivos.

Así mismo, este proyecto beneficiará directamente a La población actual de la comunidad beneficiaria, se estima en Unión Vistoso 20 familias, Pueblo Libre 60 familias, San Pedro 34 familias, San Cristóbal 280 familias, Quisto Central 50 familias aproximadamente, quienes harán uso de esta carretera en buenas condiciones de transitabilidad para trasladarse hacia sus centros de trabajo, estudio u otros.

Así como atender emergencias en el menor tiempo posible, elevando la calidad de vida de la población en general, empleando para esto medios de transporte

privado así como combis y/o colectivos, que efectuarán su recorrido con una mayor frecuencia así como el menor desgaste mecánico de estos vehículos, deviniendo esto en la reducción de emisiones de polvo y contaminación que producen afecciones respiratorias en la población

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Importancia Histórica de Los Caminos

En la antigüedad el movimiento de bienes y personas se hacía mayormente a pie o por animal de carga, y las sendas eran suficientes. “Las civilizaciones clásicas del Medio Oriente, China, etc. y los imperios Inca y Maya dejaron evidencias históricas de mucho interés respecto a redes de caminos, algunas con un grado de desarrollo sorprendente”. En el 500 a.C. Darío I ordena ejecutar la primera red de caminos que incluyó el Camino Real Persa el que también fue usado durante el Imperio Romano. El imperio Romano sobresalió por la construcción de sus calzadas; el crecimiento sostenido del sistema romano de calzadas hasta llegar al máximo de 90.000 kilómetros construidos se desarrolló siguiendo un esquema lógico. En principio, todas las calzadas principales se construyeron por y para el ejército, por lo que muchas de ellas se adentraban más allá del dominio romano, hasta los territorios hostiles del otro lado de la frontera; pero finalmente el pueblo podría hacer uso de ellas. La más famosa y probablemente la primera calzada de la antigüedad fue la Vía Appia, que se construyó en el 312 a.C., una calzada que conectaba Roma con Capua.

En la edad media, los medios de transporte eran tremendamente primitivos y los caminos muy precarios. La estructura medieval era heredera de las vías romanas que empezaron a tener una mayor atención a partir del siglo XII. La movilidad aumenta a partir del año 1000 cuando se produce un aumento de la seguridad en las vías de comunicación. Durante estos viajes los viajeros podían ser asaltados por bandidos y había que pagar numerosos peajes al atravesar territorios señoriales lo que motivaba que el trayecto alcanzado fuera bastante limitado. Considerando que el viajero utilizara un animal para sus desplazamientos, no recorrería más de 60 kilómetros diarios

por lo que atravesar Francia por ejemplo llevaba del orden de 20 días. Las vías fluviales serían más rápidas pero este medio de comunicación era más utilizado por las mercancías.

En el siglo XVI, aparecen las carretas grandes con capacidad de dos a cuatro toneladas y jalados por caballos o bueyes los cuales podían conformar equipos de hasta seis animales. En el siglo XVII, la construcción y mantenimiento de los caminos británicos dependía de las administraciones locales, esta situación provocó un irregular estado de las mismas; para remediar esto se crearon las primeras vías de peaje en el año 1706 con el fin de sufragar los costos de mantenimiento de la vía (en 1844 unos disturbios provocaron la desaparición de este sistema). En los albores del siglo XX, las carreteras por las cuales circulaban carros y carretas, coches de caballos y diligencias se caracterizaban por tener curvas cerradas, fuertes desniveles y un pavimento que desprendía tanto polvo al paso de los vehículos que transeúntes y conductores podían apenas soportarlo. Sería en los años 30 del siglo XX cuando en Alemania se empezaría a desarrollar un nuevo tipo de carretera de alta capacidad para vehículos conocida como Autobahn que pasarían a ser las primeras autopistas de la historia.

2.1.2. Los Caminos en la Historia del Perú

El camino de los Incas causó una explicable sorpresa entre los españoles que lo encontraron en pleno funcionamiento. De los más de 7000 Km. de largo que tiene la cordillera de los Andes, unos 5000 fueron cubiertos por el Qhapaq Ñan. Desde todos los puntos era posible llegar a una red que era radial o lineal según la demanda de los territorios. Esta red tenía como eje central la cordillera de los Andes. La opción tecnológica de la época conducía a una solución peatonal, donde el camino debía facilitar el tránsito de personas, séquitos y caravanas, muchas veces acompañados por recuas de llamas, conduciendo a los trajinantes por senderos firmes y bien trazados. Se recorría longitudinalmente la cordillera, salvando las pendientes con el uso de escalinatas, salvando las quebradas con el uso de puentes y habilitando «pasos» en los puntos del camino donde los macizos imponían soluciones tales como túneles.

Debido a que la habilitación de las carreteras que son caminos para rodar y no para caminar es una opción altamente costosa para los países cordilleranos entre ellos el Perú y dado que esta exige terrenos planos y preferentemente horizontales; estos aspectos se convirtieron en factores que retardaron y dificultaron enormemente el desarrollo de una política de carreteras en el Perú. Es por eso que la instalación de los medios mecánicos de transporte, producto de la gran Revolución Industrial que invadió el mundo en el siglo XIX, la cual indujo a una política de comunicación terrestre basada en el uso de los carros; fue lento en el Perú.

2.2 BASES TEORICAS

TECNOLOGIA DE LOS MATERIALES O DE LA CONSTRUCCION

2.2.1. CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO (BISCHOFITA)

2.2.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA BISCHOFITA

El Cloruro de Magnesio Hexahidratado es una sal cuya fórmula química es $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, y tiene la forma de cristales de color blanco. También recibe el nombre químico de Bischofita. Es una sal de magnesio obtenida de salares cuya composición es Cloruro de Magnesio hexahidratado, es utilizada como estabilizador químico de suelos ya que reduce el deterioro superficial de las carpetas granulares de rodado, como también controla la emisión de polvo.

La Bischofita o Sal de Magnesio, es un compuesto químico natural que facilita la captación y retención de agua en zonas semidesérticas, cuya composición química es la presentada en la siguiente tabla:

FIGURA #05

Composición química de la bischofita

Componentes Principales	
Cloro	29,0 – 32,8%
Magnesio	10,0 – 12,8%
Agua	50,0 – 55,0%
Componentes Menores	
Sodio	0,5 -2,8%
Sulfato	0,0 – 2,0%
Potasio	0,3 – 3,8%
Litio	0,2 – 1,1%
Boro	0,1 – 0,5%

Fuente: aplicación de la bischofita a caminos costeros, 2006

2.2.1.3. PROPIEDADES DE LA BISCHOFITA

Los componentes de la Bischofita hacen que este producto presente propiedades y cualidades únicas a diferencia de otros estabilizadores químicos, además es 100% natural. A continuación se describen sus propiedades más importantes:

Higroscopicidad y deliquesencia: Es una sustancia higroscópica, es decir tiene la capacidad de absorber y retener la humedad de la atmósfera o suelo circundante Capta humedad del medio ambiente a partir de humedad relativas superiores al 32%. Además, es deliquescente, esto quiere decir que al absorber la humedad del medio ambiente se disuelve en esta humedad formando una solución líquida. Es un compuesto altamente higroscópico obtenido como subproducto de la elaboración de litio. La dosis de aplicación para estabilizados va entre 3% a 5% (aproximadamente 60 a 100 ton/km) dependiendo del IP del material granular, pudiendo ser aplicado en carpetas sin plasticidad. El producto es altamente soluble en agua pudiendo disolver hasta 1,5 kilos por litro de agua, por lo que es recomendada su aplicación

como riego. Para controles de polvo superficiales se emplea una dosis de 3 kg/m².

Presión de vapor menor a la del agua: La presión de vapor de soluciones saturadas con Bischofita es considerablemente menor a la del agua. Esto significa que la tasa de evaporación del agua de soluciones con Bischofita es menor que para el agua pura.

Tensión superficial mayor a la del agua: Esto es importante en los suelos, porque la película de agua que rodea los granos es como un puente elástico que unen las partículas adyacentes, por lo tanto, las sales incrementan la resistencia de esta unión, haciendo que sea más difícil la separación de los granos.

Temperatura de congelamiento inferior a la del agua: Esta propiedad permite que se utilice en calles y carreteras como anticongelante y para derretir el hielo.

2.2.1.4 APLICACIONES DE LA BISCHOFITA

La principal aplicación de la Bischofita es el uso que se le da como estabilizador de caminos no pavimentados; razón por la cual y basado en la experiencia acumulada a la fecha, RoadMag permite estabilizar casi cualquier tipo de suelo. Sin embargo, se obtiene un mejor desempeño del producto con suelos que poseen estabilidad mecánica (CBR > 50– 60% saturado o no sumergido según requerimientos de proyecto), además de cumplir ciertos requerimientos de granulometría y plasticidad.

Otro uso que se le da a la Bischofita es la de supresor de polvo en caminos no pavimentados principalmente en las carreteras a nivel de afirmado, aunque también puede ser aplicada en grandes extensiones de tierra, tales como estacionamientos, canchas de acopio y otros. RoadMag suprime el polvo manteniendo húmeda la superficie del camino, esto se debe a que es una sustancia muy higroscópica, es decir, tiene la habilidad de absorber la humedad del ambiente. En zonas con suficiente humedad, RoadMag absorbe y retiene el agua de la atmósfera y suelo circundante para controlar efectivamente el polvo liberado de la superficie de rodado. En climas muy

áridos donde la humedad es demasiado baja, probablemente será necesario aplicar riegos ocasionales de agua sobre el área tratada con la finalidad de rehidratar RoadMag. Cada superficie tratada reacciona un poco diferente, dependiendo de las condiciones climáticas locales y de las características del tránsito.

El polvo consiste en pequeñas partículas llevadas por corrientes de aire, formados en su mayoría por desintegración o fractura de materiales sólidos. Según estimaciones anualmente se acumulan entre 2.000 y 3.000 millones de toneladas de polvo en la atmósfera. Las principales fuentes de polvo están en la erosión eólica, terremotos y volcanes, minería, agricultura y actividades industriales. El polvo es clasificado por el tamaño en 2 categorías primarias:

Polvo inhalable (PM10): Es aquella fracción de polvo que entra en el cuerpo, pero es atrapado en la nariz, la garganta, y vías respiratorias superiores. La medida del diámetro de este polvo es aproximadamente 10 μm .

Polvo respirable (PM 2,5): Son aquellas partículas bastante pequeñas para penetrar la nariz y el sistema superior respiratorio y profundamente en los pulmones. Las partículas que penetran superan los mecanismos de despacho naturales del cuerpo y tienen mayor probabilidad de ser conservadas en el organismo.

Las partículas PM10 y PM2.5 pueden causar problemas a la salud. Por viajar más profundamente en los pulmones y por estar compuesta por algunos elementos tóxicos (como metales pesados y compuestos orgánicos), las partículas PM2.5 pueden producir tos y dificultad para respirar, agravar el asma, provocar daño a los pulmones (incluyendo la disminución de su función y enfermedades respiratorias de por vida) y en casos extremos muerte en individuos con enfermedades de corazón y pulmón.

Los principales problemas asociados con la emisión de polvo son las siguientes:

Alto riesgo de accidentes por mala visibilidad.

Efecto en la salud y rendimiento de los trabajadores.

Aumento del costo operacional de equipos.

Polvo en suspensión que se traslada grandes distancias.

Reducción de las velocidades de operación y funcionalidad los equipos.

Continuos riegos de agua para mitigar parcialmente el polvo.

Alta frecuencia de uso de los equipos de mantenimiento.

Efecto sobre instalaciones contiguas.

Reducción de efectividad en emergencias y operaciones de rescate.

2.2.1.5 PROPIEDADES DE LOS SUELOS TRATADOS CON BISCHOFITA

La Bischofita cumple un papel muy importante, en la estabilización de suelos, debido a que cuando se mezcla con suelos se producen mejoras en:

Estabilidad Volumétrica:

Controla la expansión y contracción de muchos suelos, evitando originar presiones las cuales pueden ocasionar graves deformaciones.

Resistencia: El incremento de la resistencia se da a medida que transcurre el tiempo.

Permeabilidad:

Mejora las características permeables, debido a que une las partículas y evita el flujo de agua.

Compresibilidad:

Modifica la permeabilidad, altera las fuerzas existentes entre las partículas tanto en magnitud como en sentido, lo que tiene una importancia decisiva en la modificación de la resistencia del suelo al esfuerzo cortante.

Durabilidad:

Brinda resistencia al intemperismo, a la erosión o a la abrasión del tráfico, de esta manera los problemas de durabilidad en las vías terrestres son menores.

FIGURA # 06

IMAGEN: CARRETERA CHILENA TRATADA CON BISCHOFITA



FUENTE: GUÍA PARA LA APLICACIÓN DE ROADMAG, 2003

2.2.1.6. POLÍTICAS DE USO DE LA BISCHOFITA

Las políticas de uso para el Roadmag o Bischofita está en función al criterio o referencia a tener en cuenta; por ejemplo, en cuanto a recomendaciones ambientales y de seguridad acerca del uso de la Bischofita, la Guía para la aplicación de Roadmag como Estabilizador de Caminos no Pavimentados se señala: "Al igual que en cualquier construcción de obras viales, la ubicación de las áreas destinadas a las instalaciones de faenas y plantas de producción, deberán ser estudiadas cuidadosamente por el Contratista con el objeto de alejarse de aquellos sectores más sensibles al deterioro ambiental. La zona destinada al acopio de RoadMag no deberá encontrarse a menos de 10 m. de cualquier tipo de canalización de agua. Al término de la faena se deberá retirar cualquier sobrante del acopio de Bischofita. Se recomienda además tener en consideración los siguientes aspectos ambientales y de seguridad":

- Cumplir normativas para la explotación de los sitios de empréstito para la extracción de áridos.
- Evitar el vertido de material durante el transporte.
- Proveer señalizaciones de acuerdo a normativas en todos los lugares utilizados frecuentemente por los vehículos de la obra y por proveedores que se encuentren en el perímetro y/o accesos a la obra.
- Diseñar, señalizar y conservar desvíos dentro del sector de la construcción, acorde con normativas vigentes o mejor.
- Retiro de obra, instalaciones y retiro de señalización provisoria acorde con normativas vigentes o mejor.
- Cumplir normativas de seguridad e higiene industrial.

En cuanto a los efectos negativos de la Bischofita en la salud de las personas se refiere; se tiene:

- La inhalación de polvo en suspensión puede irritar la boca, nariz y otros tejidos del sistema respiratorio y causar tos y estornudos. Los síntomas generalmente se alivian cuando termina la exposición al producto.
- Una sobreexposición aguda causa irritación de la piel y ojos.
- La inhalación de humos por descomposición (sobre 116°C) puede causar fiebre metálica. Los síntomas de esta fiebre son escalofríos, tos, fatiga, dolor al pecho, dolor muscular y un aumento de glóbulos blancos.
- La sobreexposición al contacto con la piel puede causar irritación y alergias. Las exposiciones prolongadas o repetidas pueden causar dermatitis (piel roja y seca). La absorción por la piel no es una vía de exposición común con el producto.
- Al contacto con los ojos puede irritar los ojos; los síntomas son dolor, exceso de lágrimas y enrojecimiento.
- La ingestión no es una vía de exposición laboral común. La ingestión aguda de este producto puede causar dolor abdominal, vómitos, diarrea; sin embargo, si se obstaculiza la eliminación por bloqueo intestinal u otra razón, este producto puede causar depresión del sistema nervioso central, falta de respuesta refleja, hipo calcemia (deficiencia de calcio en la sangre)
- Los efectos de una sobreexposición crónica (largo plazo) pueden causar dermatitis (piel roja y seca)

- Puede afectar a personas con enfermedades respiratorias, a la piel y al sistema nervioso central.
- En cuanto a los efectos para el medio ambiente se refiere, la Bischofita es estable en el medio ambiente. La pérdida accidental de grandes cantidades de producto podría incrementar la salinidad de cuerpos de agua (alterando temporalmente su equilibrio natural) y la salinidad de suelos, alterando el desarrollo de la vegetación.
- En cuanto a los riesgos específicos se refiere, se tiene que la Bischofita calentado a temperatura de descomposición (116-118°C) emite vapor corrosivo de HCl y compuestos de magnesio. Calentado a sobre 300°C emite humos tóxicos de cloro gas.
- En cuanto a recomendaciones para el Transporte y Almacenamiento; en la guía se señala que estas tienen el propósito de evitar el mal desempeño del producto debido a su inadecuada manipulación. Asimismo se especifica que el producto de RoadMag se comercializa a granel y eventualmente en maxisacos de 1,0 ton; cuando se comercializa a granel se debe tener en cuenta algunas precauciones durante el transporte y almacenamiento debido a la capacidad de RoadMag de atraer la humedad del ambiente; además, se debe tener especial cuidado de no contaminar el producto con material granular o aceites, los que pueden causar una reducción de la solubilidad del producto. En cuanto al transporte de RoadMag en camiones tolva se recomienda que la carga sea cubierta con una lona impermeable que impida el contacto de RoadMag con el aire, especialmente en zonas
- donde la humedad relativa sea alta y llueva. Finalmente, para almacenar el producto de RoadMag en obra, se recomienda:
 - Depositar sobre un lugar seco y nivelado, en lo posible sobre una cubierta de polietileno de alta densidad u otro material similar.
 - En zonas donde predomina una alta Humedad Relativa, el producto se debe cubrir con una lona impermeable.
 - Cuando se prevea la posibilidad de precipitaciones (lluvia o nieve) o de tormentas de arena, el producto se deberá cubrir con un plástico o cualquier material impermeable.

2.2.1.7 CASOS DE ESTABILIZACION CON BISCHOFITA EN EL PERU

Entre algunos casos de estabilización de carreteras usando cloruro de magnesio tenemos:

- Estabilización de carpetas granulares y supresor de polvo en caminos vecinales en Ccarapongo, Lima.

FIGURA # 07

| IMAGEN: ACABADO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN CCARAPONGO



FUENTE: LIPLATA SA. 2008

- Estabilización de carpetas granular en caminos de operación de la Sociedad Minera Cerro Verde en Arequipa

FIGURA # 08



IMAGEN: TRAMO DESPUES DE APLICADO ROADMAG

FUENTE: LIPLATA SA. 2007

- Estabilización de caminos rurales de la Municipalidad de Virú en el departamento de La Libertad, Trujillo

FIGURA # 09: CONDICION FINAL DE LA VIA



FUENTE: LIPLATA SA. 2007

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1. SUELOS

2.3.1.1. DEFINICION

Desde el punto de vista de la ingeniería, suelo es el sustrato físico sobre el que se realizan las obras civiles, arquitectónicas, viales, etc. Para poder definir el comportamiento del suelo ante la obra que en él incide se consideran tres grupos de parámetros, que son:

- a. Los parámetros de identificación: La granulometría (distribución de los tamaños de grano que constituyen el agregado) y la plasticidad (la variación de consistencia del agregado en función del contenido en agua).

b. Los parámetros de estado: La humedad (contenido en agua del agregado), y la densidad, referida al grado de compacidad que muestren las partículas constituyentes.

c. Los parámetros estrictamente geomecánicos: La resistencia al esfuerzo cortante, la deformabilidad o la permeabilidad.

2.3.1.2. CLASIFICACION DE LOS SUELOS

Para clasificar los suelos existen diversos «Sistemas de Clasificación» entre los cuales tenemos: El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el American Association of State Highway Officials (AASTHO), el Sistema Británico (BS), entre otros. Los suelos se clasifican teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- La granulometría del suelo
- Los límites de Atterberg
- El contenido de materia orgánica.

Los suelos, en función a las dimensiones de las partículas o fragmentos que la componen (granulometría) se clasifican en altamente orgánicos (Turba), finos (Orgánicos, Limos y Arcillas) y gruesos (Arenas y gravas); basándose en la composición granulométrica, en el límite líquido y en el índice de plasticidad de un suelo; estos se clasifican en siete grupos. La evaluación de cada grupo, se hace por medio de su "Índice de Grupo", mediante esta clasificación divide los suelos en dos clases: una formada por suelos granulares y otra por suelos de granulometría fina, limo-arcillosos.

Los suelos granulares son aquellos que tienen 35%, o menos, del material fino que pasa el tamiz N° 200 (0.075 mm). Estos suelos forman los grupos A-1, A-2 y A-3. El grupo A-1, comprende las mezclas bien graduadas, compuestas de fragmentos de piedra grava, arena y material ligante poco plástico. Se incluyen también aquellas mezclas bien graduadas que no tienen material ligante; el grupo A-2, incluye una gran variedad de material granular que contiene menos del 35% de material fino; y, el grupo A-3, incluye las arenas finas, de playa y aquellas con poca cantidad de limo que

no tengan plasticidad; este grupo además incluye las arenas de río que contengan poca grava y arena gruesa.

Por otro lado, los suelos finos limo arcillosos contienen más del 35% del material fino que pasa el tamiz N°200. Estos suelos constituyen los grupos A-4, a-5, A-6 y A-7. Pertenecen al grupo A-4, los suelos limosos y poco o nada plásticos, que tienen un 75% o más del material fino que pasa el tamiz N°200, además se incluyen en este grupo las mezclas de limo con grava y arena hasta en un 64%; el grupo A-5 está comprendido por material semejantes a los del anterior, pero que tienen un límite líquido elevado; el grupo A-6 lo conforma principalmente la arcilla plástica, pero se incluyen también las mezclas arcilloarenosas cuyo porcentaje de arena y grava sea inferior al 64%; y, el grupo A-7, lo conforman los suelos semejantes a los del A-6, con la diferencia de que son plásticos y sus límites líquidos son elevados.

2.3.1.3. MEJORAMIENTO DE SUELOS

El mejoramiento de un suelo, es un proceso que tiene por objeto aumentar su resistencia, su durabilidad, su insensibilidad al agua y otros aspectos relacionados con el fin perseguido. Entre los métodos para mejorar el suelo sobre el cual se asienta una carretera tenemos:

Cuadro # 02.

Métodos de mejoramiento de suelos

Métodos	Físicos	Confinamiento (suelos no cohesivos).
		Preconsolidación (suelos cohesivos).
		Mezclas (suelo con suelo).
		Vibroflotación.
	Químicos (Estabilizaciones)	Con cemento.
		Con asfalto.
		Con sal.
		Con cal.
		Con otras sustancias: (Sales como la Bischofita).
	Mecánicos	Compactación.

FUENTE: La ingeniería de suelos en las vías terrestres RICO RODRIGUEZ, Alonso y DEL CASTILLO, Hermilio, Editorial Limusa S.A., 1974, MEXICO

2.3.1.4. MÉTODOS FÍSICOS

Los métodos físicos de mejoramiento de suelos incluyen:

➤ **Confinamiento (suelos no cohesivos):**

El confinamiento de un depósito de suelo puede lograrse con la aplicación de columnas de grava, cuya construcción implica el reemplazo parcial de entre un 15 y 35% del suelo, que usualmente penetra hasta alcanzar un estrato resistente. La presencia de la columna crea un material compuesto de menor compresibilidad media y de mayor resistencia al corte que la del suelo natural. Los procedimientos para su construcción incluyen la vibrosustitución, que consiste en introducir un tubo por vibración, con inyección en la hincia para llegar hasta la profundidad máxima. El orificio se rellena luego con material de aporte (grava de tamaños en el rango de 2 a 80 mm); o bien con pilotes de grava, para lo cual se encamisa la perforación y, alcanzado el nivel previsto se la rellena, para luego extraer la camisa.

Preconsolidación (suelos cohesivos): La preconsolidación se logra aplicando

una sobrecarga sobre un depósito de suelo, la que debe exceder la carga máxima que este va a soportar. Se busca así que la consolidación parcial sea equivalente al mayor grado que alcanzará con la carga máxima, la que requerirá mayor tiempo para producirse.

➤ **Mezclas de suelos:**

La mezcla de suelos requiere la realización de una serie de ensayos, con el fin de evaluar las características de cada uno de los tipos de suelo que se desean mezclar. Este método requiere la remoción de gran cantidad de material de la superficie y no resulta práctico para el mejoramiento mecánico de depósitos de gran profundidad, por lo que su uso se limita a obras viales.

➤ **Vibroflotación:**

La vibroflotación es un método apto para suelos granulares con un bajo contenido de finos. Consiste en introducir en el terreno un tubo con una cabeza vibratoria, cuya acción producirá un reacomodamiento de sus granos, lo que aumentará su densidad.

El método se aplica siguiendo una red de geometría diseñada en la superficie del terreno, de forma tal que el tratamiento alcance la totalidad del depósito. Tiene la ventaja de alcanzar profundidades importantes sin afectar edificaciones cercanas. Conforme se retira la cabeza vibratoria, el espacio vacío se rellena con material de aporte. En la superficie puede ser necesario agregar un cierto volumen de material para compensar la pérdida de volumen por el reacomodo de los granos.

2.3.1.5. MÉTODOS QUÍMICOS

La estabilización química se refiere al cambio de las propiedades de suelos logrado mediante la adición de cementantes orgánicos, inorgánicos o sustancias químicas especiales.

Es una tecnología que se basa en la aplicación de un producto químico, genéricamente denominado estabilizador químico, el cual se debe mezclar íntima y homogéneamente con el suelo a tratar y curar de acuerdo a especificaciones técnicas propias del producto. La aplicación de un estabilizador químico tiene como objetivo principal transferir al suelo

tratado, en un espesor definido, ciertas propiedades tendientes a mejorar sus propiedades de comportamiento ya sea en la etapa de construcción y/o de servicio.

Con cemento: Se mezcla el suelo con cemento Pórtland, lo que genera dos procesos: a) los silicatos cálcicos del cemento afectan al agua convirtiéndola en alcalina. La abundancia de calcio es usada por el suelo para modificar sus cargas superficiales; b) una vez que los iones de calcio son absorbidos por el suelo, el cemento se adhiere a sus partículas, para originar una cohesión que aumenta la resistencia al corte del material. Para que el proceso sea aceptable es necesario modificar la humedad del material, compactar a la máxima densidad e incorporar suficiente cemento para que se reduzca la pérdida de peso o se produzcan cambios de volumen y humedad. Prácticamente todos los suelos pueden tratarse con este método, pero si los materiales son mal graduados se requerirá mayor cantidad de cemento para lograr el efecto deseado.

Con asfalto: Al mezclar las partículas granulares con asfalto, se produce un material más durable y resistente. También se le agregan algunas partículas finas para llenar los vacíos. Es importante el contenido de humedad del material al anexar el asfalto y también esperar a que se evaporen los gases que este contiene antes de tenderlo y compactarlo.

Con sales: Se forman a partir de la neutralización de un ácido con una base. Las sales normales tales como el cloruro de sodio (NaCl), cloruro de calcio (CaCl_2) o cloruro de potasio (KCl) son sales completamente neutralizadas, es decir que no contienen exceso de iones ácidos de hidrógeno (H^+) ni básicos de hidróxilo (OH^-). Se designan como sales ácidas aquellas que contienen exceso de iones de hidrógeno, como el bicarbonato de sodio (NaHCO_3) y a las que contienen exceso de iones hidróxilo se les designa como sales básicas. En el laboratorio, se han estudiado, un gran número de sales (NaCl, CaCl_2 , NaNO_3 , Na_2CO_3 , BaCl_2 , MgCl_2 , KCl) pero tanto la economía como su disponibilidad han hecho que solamente se utilicen algunas, siendo las más utilizadas el cloruro de sodio y el cloruro de calcio.

2.3.1.6. MÉTODOS MECÁNICOS

Compactación de Suelos

Se denomina compactación de suelos al proceso mecánico por el cual se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo- deformación de los suelos. La compactación de suelos es el proceso artificial por el cual las partículas de suelo son obligadas a estar más en contacto las unas con las otras, mediante una reducción del índice de vacíos, empleando medios mecánicos; es la primera etapa del proceso de estabilización de los suelos que tiene como objetivo principal el obtener un suelo de tal manera estructurado que posea y mantenga un comportamiento mecánico adecuado a través de toda vida útil de la obra. La compactación ha figurado entre las técnicas de construcción desde las épocas más remotas de la que se tiene noticia. Los métodos de apisonado por el paso de las personas o animales se utilizaron en épocas muy lejanas, como por ejemplo en la construcción de grandes obras hidráulicas en diversas partes de Asia. Las principales variables que afectan el proceso de compactación de los suelos son:

La naturaleza del suelo: La clase de suelo —arcilloso, grueso o finos— con la que se trabaja es una de las variables que influye de manera decisiva en el proceso de compactación de los suelos; tal es así que las técnicas y resultados que se obtengan responderán a un tipo de suelo.

El método de compactación: Los métodos de compactación pueden ser por impactos, por amasado, por aplicación de carga estática o por vibración.

La energía específica: Entendida como tal a la energía que se entrega al suelo por unidad de volumen; es decir, es la energía de compactación.

El contenido de agua original del suelo: Se refiere este concepto al contenido natural de agua que el suelo poseía antes de añadirle o quitarle humedad para compactarlo, en busca del contenido óptimo.

La temperatura: Ejerce un importante efecto en los procesos de compactación de campo, en primer lugar por efectos de evaporación del agua incorporada al suelo o de condensación de la humedad ambiente en el mismo.

Otras Variables: Otras variables que afectan el proceso de compactación de los suelos son el contenido de agua del suelo, la re compactación, el contenido de sales, la naturaleza de la arcilla, el número de pasadas del equipo de compactación por cada punto y el número de golpes del pisón compactador.

2.3.2 CAMINOS

Se llama camino al lugar por donde se va a pie o en algún medio de transporte, de un lado a otro. Particularmente se suele llamar camino a la vía de comunicación de tierra o rústico. Tanto los caminos como las carreteras son medios de comunicación terrestres que cumplen la misma finalidad; pero teniendo en cuenta la alusión a su fin específico, el término camino engloba al término carretera; y es que camino hace alusión a una vía por donde caminar desde una perspectiva personal o grupal—teniendo como medio de locomoción las piernas— hasta abarcar los medios de locomoción no humanos, e incluso los motorizados; por otro lado el término carretera alude a medios de locomoción terrestres distinto a los inherentes al ser humano —La carreta inicialmente—. En su concepción como medio de comunicación terrestre, originalmente ambos —los caminos y las carreteras— fueron trazadas con el fin de comunicar o unir pueblos y ciudades; pero hoy en día su construcción se identifica más con la necesidad de interconectar una vía terrestre y con mayor rapidez, a los centros de producción y de consumo, y de esta manera permitir el flujo de mercancías y el transporte de pasajeros.

2.3.3. PAVIMENTO

2.3.3.1. Definición

Se llama pavimento a la "capa o conjunto de capas comprendida (s) entre la subrasante y la superficie de rodamiento de una obra vial, cuya finalidad es proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente al tránsito de los vehículos, el intemperismo producido por los

agentes naturales y a cualquier otro agente perjudicial. Como función estructural un pavimento tiene la de transmitir adecuadamente los esfuerzos a la subrasante, de modo que esta no se deforme de manera perjudicial".

2.3.3.2 Tipos de Pavimentos

Por sus capas superiores y superficie de rodadura pueden ser clasificados como sigue:

2.3.3.3. CON SUPERFICIE DE RODADURA NO PAVIMENTADA

2.3.3.4. CON SUPERFICIE DE RODADURA PAVIMENTADA

2.3.3.4.1. Pavimentos flexibles:

Son aquellos que tienen un revestimiento asfáltico sobre una capa base granular. La distribución de tensiones y deformaciones generadas en la estructura por las cargas de rueda del tráfico, se da de tal forma que las capas de revestimiento y base absorben las tensiones verticales de compresión del suelo de fundación por medio de la absorción de tensiones cizallantes. En este proceso ocurren tensiones de deformación y tracción en la fibra inferior del revestimiento asfáltico, que provocará su fisuración por fatiga por la repetición de las cargas de tráfico. Al mismo tiempo la repetición de las tensiones y deformaciones verticales de compresión que actúan en todas las capas del pavimento producirán la formación de hundimientos en la trilla de rueda, cuando el tráfico tiende a ser canalizado, y la ondulación longitudinal de la superficie cuando la heterogeneidad del pavimento fuera significativa.

Desde el punto de vista de diseño, los pavimentos flexibles están formados por una serie de capas y la distribución de la carga está determinada por las características propias del sistema de capas. Los pavimentos Flexibles a su vez se subdividen en los siguientes tipos:

a) Con capas granulares (sub base y base drenantes) y una superficie bituminosa de espesor variable menor a 25 mm, como son los tratamientos superficiales bicapa y tricapa.

b) Con capas granulares (sub base y base drenantes) y una capa bituminosa de espesor variable mayor a 25 mm, como son las carpetas asfálticas en frío y en caliente.

2.3.3.4.2 Pavimentos semirígidos:

En términos amplios, un pavimento semirígido ó compuesto es aquel en el que se combinan tipos de pavimentos diferentes, es decir, pavimentos "flexibles" y pavimentos "rígidos", normalmente la capa rígida está por debajo y la capa flexible por encima. Es usual que un pavimento compuesto comprenda una capa de base de concreto o tratada con cemento Portland junto con una superficie de rodadura de concreto asfáltico.

2.3.3.4.2. Pavimentos rígidos:

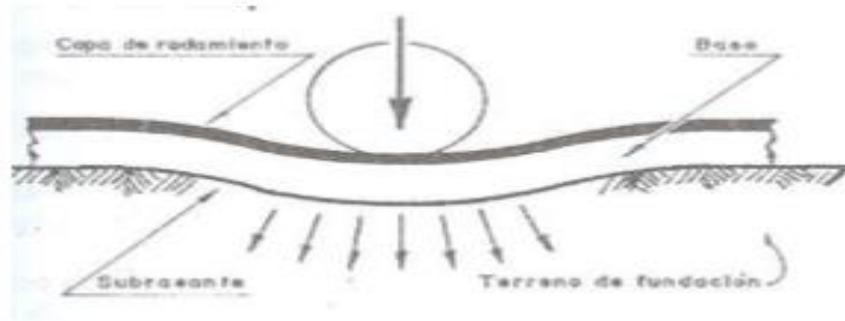
Son aquellos en los que la losa de concreto de cemento Portland (C.C.P.) es el principal componente estructural, que alivia las tensiones en las capas subyacentes por medio de su elevada resistencia a la flexión, cuando se generan tensiones y deformaciones de tracción de bajo la losa producen su fisuración por fatiga, después de un cierto número de repeticiones de carga. La capa inmediatamente inferior a las losas de C.C.P. denominada sub-base, por esta razón, puede ser constituida por materiales cuya capacidad de soporte sea inferior a la requerida por los materiales de la capa base de los pavimentos flexibles.

Conformado por losa de concreto hidráulico o cemento Portland sobre una capa granular; es decir, están apoyados sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado compuesta por grava y arena. Los pavimentos rígidos, no necesariamente tienen recubrimiento bituminoso. Cuando la necesidad lo justifique el uso de estos pavimentos el proyectista deberán recurrir a los manuales AASHTO o similares.

DISTRIBUCIÓN DE CARGAS SEGÚN EL TIPO DE PAVIMENTO

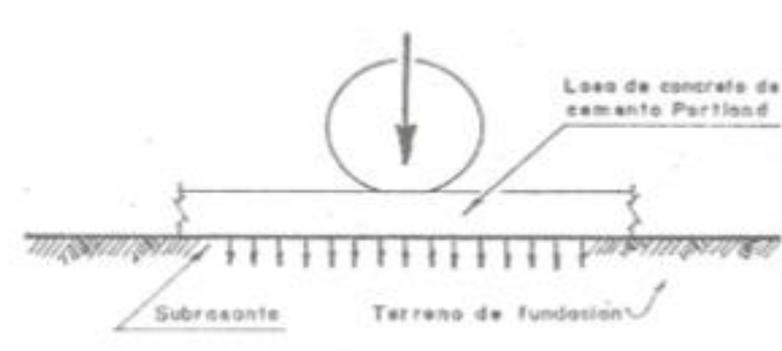
PAVIMENTO FLEXIBLE

FIGURA # 03



PAVIMENTO RÍGIDO

FIGURA # 04



Distribución de carga en un Pavimento rígido versus uno flexible

Fuente: CESPEDS ABANTO, José María. Los pavimentos en las Vías Terrestres, Calles, Carreteras y Aeropistas; pág. 37-40.

CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1. CONFIABILIDAD Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

LA OBRA QUE SE DESARROLLO TIENE COMO FINALIDAD:

- a. Mejorar la infraestructura Vial de comunicación, base primordial para la viabilidad en la zona, ya que en la actualidad la vía vecinal se encuentra en pésimo estado de mantenimiento.
- b. Posibilitar el desarrollo socio-económico de la comunidad beneficiaria a través de un sistema de interconexión entre la capital Pichari y demás comunidades.

- c. Propiciar la creación de nuevas fuentes de ocupación en diferentes actividades a los pobladores de escasos recursos económicos, a través de ocupaciones temporales.
- d. Mejorar los bajos ingresos económicos por que tienen limitado acceso a los mercados por el costo de transporte, que les permitirá el traslado de sus productos agropecuarios de volúmenes requeridos.
- e. Facilitará el acceso a los centros de salud y educación.
- f. Menor tiempo de traslado de personas y de sus productos perecibles

✚ PRESUPUESTO:

PRESUPUESTO DESAGREGADO

DESCRIPCION	COSTO S/.
COSTO DIRECTO	1,383,447.52
GASTOS GENERALES (6%)	62,721.00
UTILIDAD (5%)	138,344.75
SUB TOTAL	1,584,513.27
IGV	1285,212.39
PRESUPUESTO TOTAL	1,869,725.60

FUENTE DE FINANCIAMIENTO:

FUENTE DE FINANCIAMIENTO	MONTO (S/.)
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PICHARI	1,869,725.60
TOTAL	1,869,725.60

✚ FECHA DE INICIO DE LA ACTIVIDAD:

La obra se dio por inicio el 16 de Enero del 2013, con un plazo de ejecución de obra de 110 días calendarios.

✚ FECHA DE TERMINO DE LA ACTIVIDAD:

La fecha probable para la culminación de la obra es el 06 de mayo del 2013, el plazo establecido en el contrato.

FECHA DEL INFORME:

El informe se presenta el día 01 de marzo del 2013.

ESTABILIZACIÓN DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

ESTABILIZACION DE SUELOS

La estabilización es el procedimiento realizado para hacer más estable a un suelo, para lo cual por lo general se siguen dos procesos; el primero y el que siempre acompaña a todas las estabilizaciones, consiste en aumentar la densidad de un suelo compactándola mecánicamente; y, el segundo proceso que consiste en mezclar a un material de granulometría gruesa, otro que carece de esa característica. La estabilización de suelos es un concepto más amplio y general que el de compactación de suelos, pues esta, además incluye cualquier procedimiento útil para mejorar las propiedades ingenieriles del suelo, como estructura. Rico y Del Castillo, sitúan a la compactación dentro del conjunto de métodos de mejoramiento de suelos que hoy pueden aplicarse. La estabilización de los suelos en la ingeniería práctica particularmente en las vías terrestres, ha sido una técnica ampliamente utilizada para mejorar el comportamiento del esfuerzo de deformación de los suelos.

El mejoramiento de los suelos ha atendido a diversos requerimientos, tales como la resistencia al esfuerzo cortante, la deformabilidad o compresibilidad, la estabilidad volumétrica ante la presencia de agua, entre otros; buscando en todos los casos, un buen comportamiento esfuerzo deformación de los suelos y de la estructura que se coloque sobre ellos, a lo largo de su vida útil. En los terrenos arcillosos, particularmente en climas áridos o semiáridos, es altamente probable encontrar problemas relacionados con las inestabilidades volumétricas ante la ganancia o pérdida de agua.

ESTABILIZACIÓN QUÍMICA

La estabilización química hace referencia principalmente a la utilización de ciertas sustancias químicas patentizadas y cuyo uso involucra la sustitución de iones metálicos y cambios en la constitución de los suelos involucrados en el proceso. El diseño de estabilizaciones con agentes químicos estabilizantes, consiste en llevar a cabo una adecuada clasificación

del suelo y de acuerdo a ello determinar el tipo y cantidad de agente estabilizante así como el procedimiento para efectuar la estabilización. Las características principales de las sustancias químicas usadas como agentes estabilizadores son:

Cal: disminuye la plasticidad de los suelos arcillosos y es muy económica.

Cemento Portland: aumenta la resistencia de los suelos y se usa principalmente para arenas o gravas finas.

Productos Asfálticos: es muy usado para material triturado sin cohesión.

Cloruro de Sodio: impermeabilizan y disminuyen los polvos en el suelo, principalmente para arcillas y limos.

Cloruro de Calcio: impermeabilizan y disminuyen los polvos en el suelo.

Escorias de Fundición: este se utiliza comúnmente en carpetas asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.

Polímeros: este se utiliza comúnmente en carpetas asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.

Hule de Neumáticos: este se utiliza comúnmente en carpetas asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.

En el diseño de la estabilización de un suelo se deben tener presentes las variaciones que se espera lograr en lo que se respecta a la estabilidad volumétrica, resistencia mecánica, permeabilidad, durabilidad y compresibilidad. El método de diseño obviamente depende del uso que se pretenda dar al suelo estabilizado.

3.2. INGENIERIA DEL PROYECTO

3.2.1. CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

Definición

Una carretera es una infraestructura de transporte con el propósito de permitir la circulación de vehículos especialmente acondicionada dentro de una franja de terreno denominada derecho de vía.

Una carretera es una vía de dominio y uso público, proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos terrestres. La carretera se distingue de un camino porque la primera está especialmente concebida para la circulación de vehículos de transporte.

El diseño de una carretera y su respectiva superficie de rodadura responde a una necesidad justificada social y económica; es decir, ambos conceptos se correlacionan para establecer las características técnicas y físicas que debe tener la carretera que se proyecta a fin de que los resultados buscados sean óptimos, en beneficio de la comunidad que requiere del servicio, la cual normalmente se encuentra en situación de limitaciones muy estrechas de recursos locales y nacionales.

Las carreteras han sido desde siempre el principal medio de desplazamiento de viajeros, y la vía principal para la distribución de mercancías. Al conectar los pueblos y comunidades con las grandes ciudades, y al fortalecer la integración de los países, las carreteras han sido indispensables en el desarrollo de diversas actividades y regiones en todo el mundo. Actualmente, ante un mundo cada vez más integrado, que intercambia más bienes y servicios, la importancia de las carreteras se ha incrementado notablemente, convirtiéndose en verdaderas vías que impulsan la competitividad de la economía y, también, el desarrollo social.

Los elementos que integran y definen la sección transversal de una carretera son:

- Ancho de zona o derecho de vía
- Calzada ó superficie de rodadura:

Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos. Se compone de un cierto número de carriles.

- **Berma:**

Es la franja longitudinal, pavimentada o no, comprendida entre el borde exterior de la calzada y la cuneta o talud.

- **Carril:**

Franja longitudinal en que está dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales y con ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

- **Cunetas:**

Son canales abiertos construidos lateralmente a lo largo de la carretera, con el propósito de conducir los escurrimientos superficiales y sub-superficiales procedentes de la plataforma vial, taludes y áreas adyacentes a fin de proteger la estructura del pavimento. La sección transversal puede ser triangular, trapezoidal o rectangular.

Taludes y elementos complementarios:

Los taludes para las secciones en corte variarán de acuerdo a la estabilidad de los terrenos en que están practicados; la altura admisible del talud y su inclinación se determinarán en lo posible, por medio de ensayos y cálculos, aún aproximados.

3.2.2. DETERIORO EN CARRETERAS SIN PAVIMENTAR.

3.2.2.1. Descripción del mecanismo de deterioro.

El mecanismo de deterioro de un camino sin pavimentar a diferencia de las carreteras pavimentadas consiste en un proceso progresivo más acelerado. Los finos al mezclarse con la humedad aglutinan a las fracciones más gruesas, y bajo la acción abrasiva de los neumáticos (acción del tráfico) llegan a pulverizarse en condiciones secas. Estos finos pulverizados aparecen como material particulado en suspensión (polvo) y por la constante pérdida de éstos es que los agregados gruesos están de manera suelta ante la acción del tráfico, y es así que la superficie de rodadura comienza a desgastarse de manera progresiva dando lugar a la formación de las depresiones, baches, y ondulaciones.

Estos problemas estructurales y superficiales se presentan debido a la acción del tráfico y a las condiciones climáticas (lluvias, presencia de hielo, efecto del deshielo). El deterioro ocurre en varias etapas, desde un deterioro lento que no se percibe hasta un deterioro crítico donde se evidencia en una descomposición total del camino que involucra una nueva conformación o rehabilitación de la vía.

3.2.2.2. Defectos comunes en vías sin pavimentar

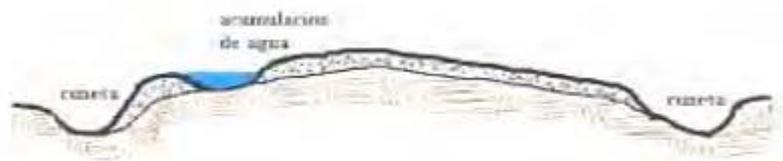
Los defectos más comunes en vías sin pavimentar fueron tratados a profundidad por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, quienes

publicaron un estudio llamado "Unsurfaced Road Maintenance (Special Report 87-15)" en 1987, actualizado en el reporte del 92-96. Este estudio se basó en la evaluación de la magnitud y gravedad de los defectos donde se identificó siete situaciones o problemas tipificados de la siguiente forma:

- **Sección transversal impropia:** Al ocurrir esto la carretera estará propensa a sufrir deterioro por problemas de circulación y de drenaje, por lo que se debe presentar una pendiente transversal suficiente para que las aguas superficiales sean evacuadas de manera rápida fuera de la plataforma.

FIGURA # 10

Figura 1: Sección transversal impropia.



Fuente: Ingeniero Jorge Coronado. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Diciembre 2000. Guatemala. Pág. 43

- **Drenaje inadecuado:** Se caracteriza por la acumulación de agua superficial en la plataforma, no necesariamente por el mal drenaje superficial o la inexistencia de elementos de drenaje profundo, sino por falta de mantenimiento en las obras de arte.

➤ FIGURA # 11

FIGURA 2: DRENAJE INADECUADO

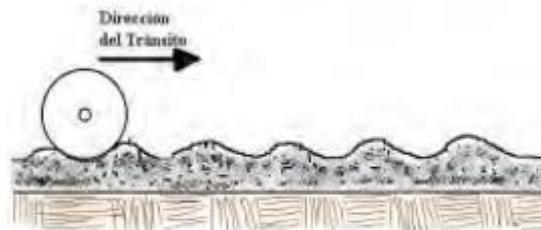


FUENTE: PROPIA, CARRETERA UNION VISTOSO

- **Ondulaciones:** Se distinguen por las deformaciones que ocurren en la superficie de rodadura, en intervalos regulares y perpendiculares al tráfico. Su origen se debe a una serie de factores tales como: continuo tráfico de vehículos, pérdida de finos, deficiencias en la capacidad de soporte, pendiente inadecuada y capas granulares de mala calidad.

➤ **FIGURA # 12**

Figura 3: Ondulaciones.



Fuente: Ingeniero Jorge Coronado. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Diciembre 2000. Guatemala. Pág. 44

- **Exceso de polvo:** Se origina por la pérdida de la fracción fina de la base o de la capa granular de afirmado cuyo contenido en la mezcla es excesivo. Produce incomodidad dado que afectan: a la población, a la salud, a la operatividad de los vehículos y a los costos de mantenimiento al perder el equilibrio entre las mezclas de los agregados.

➤ **FIGURA # 13**

: EXCESO DE POLVO



FUENTE: CARRETERA DE GUANACASTE

Baches: Se genera debido a los siguientes factores: Inexistencia de capas de revestimiento, deficiencias en la composición de la mezcla, ausencia de partículas aglutinantes en la composición de la carpeta de rodado, plataforma mal drenada y sin inclinación transversal

FIGURA # 14

Figura 5: Baches.

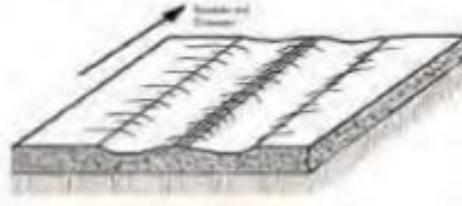


Fuente: Ingeniero Jorge Coronado. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Diciembre 2000. Guatemala. Pág. 47

Surcos de rueda o ahuellamientos: Son depresiones que ocurren longitudinalmente al eje del camino. Se originan por la deformación permanente de la base o revestimiento y/o cuando tienen baja capacidad de soporte

FIGURA # 15

Figura 6: Ahuellamientos.



Fuente: Ingeniero Jorge Coronado. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Diciembre 2000. Guatemala. Pág. 45

Segregación de agregados: Se genera por el constante paso de vehículos sobre la superficie de circulación. Como resultado los agregados gruesos se depositan junto a los surcos de las ruedas y en su mayoría en los bordes de la plataforma. La causa principal es la falta de aglutinantes en la composición de las mezclas en los materiales.

FIGURA # 16

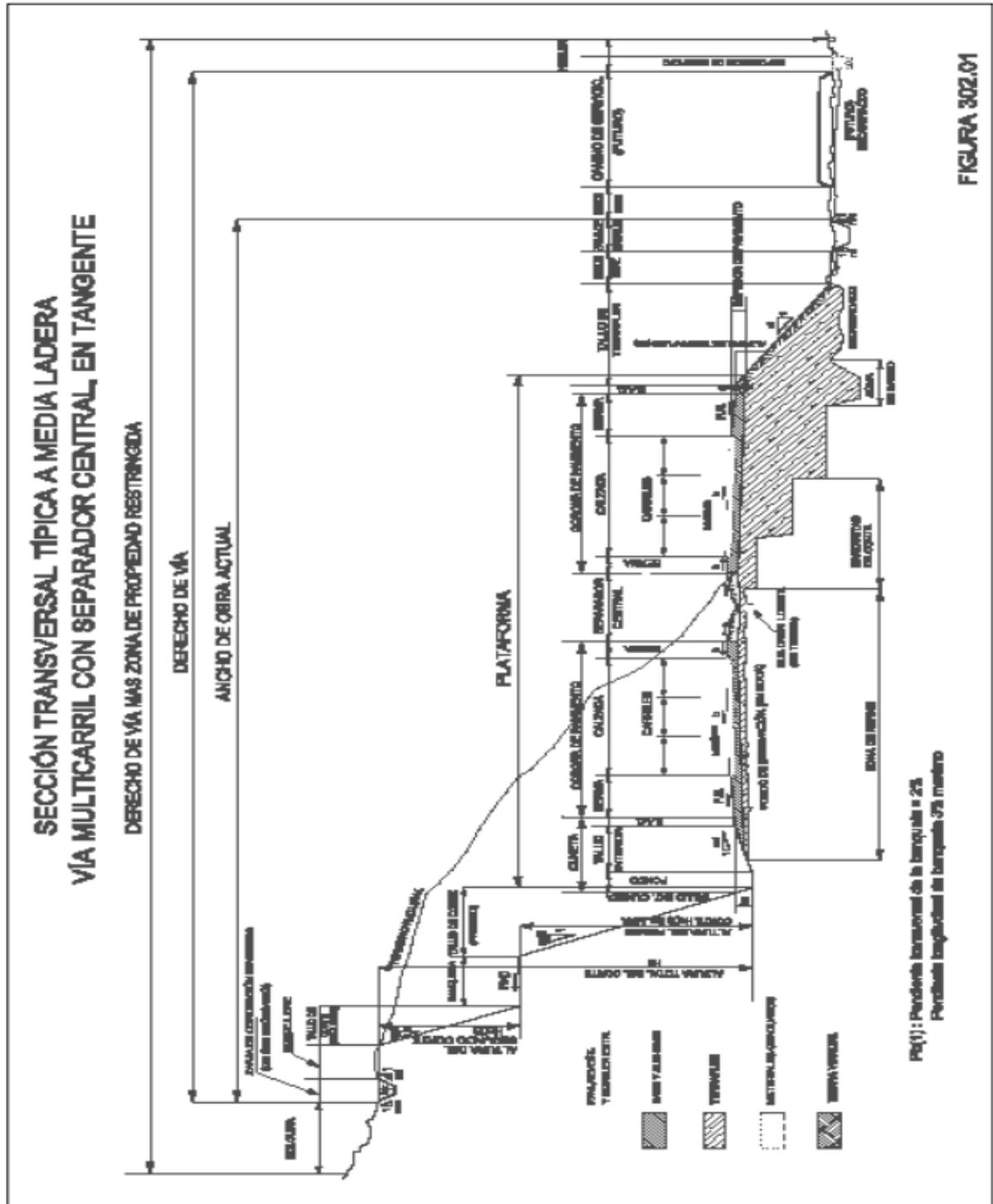
Figura 7: Pérdida de agregados



Fuente: Ingeniero Jorge Coronado. Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales. Diciembre 2000. Guatemala. Pág. 46

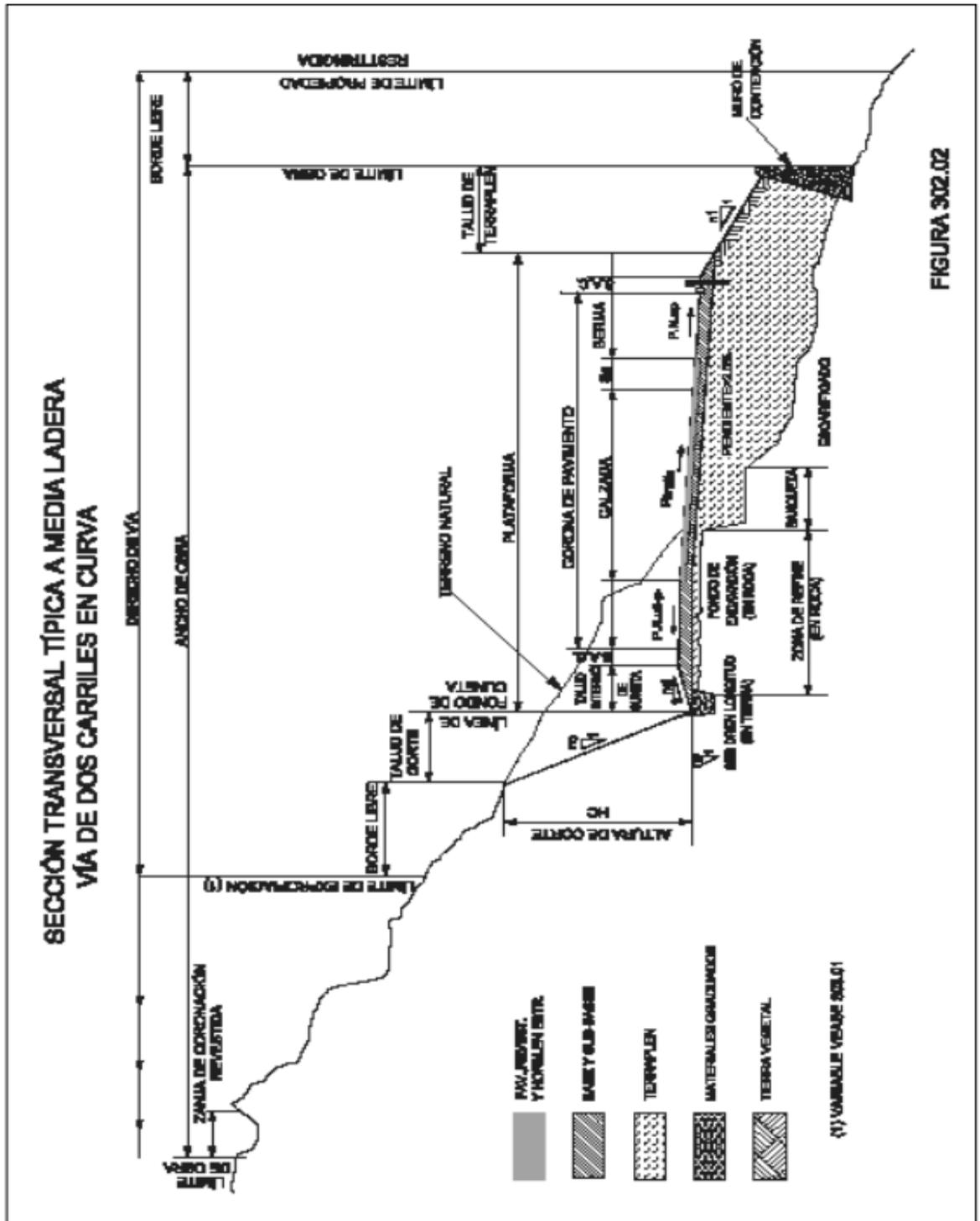
Para poder calificar la condición de una carretera afirmada se han identificado siete características: La geometría de la corona, la superficie de rodadura, las deformaciones de la superficie, los defectos especiales de la superficie de rodadura, el drenaje, el deterioro del medio ambiente y la señalización.

FIGURA # 17 Donde se muestra una sección en media ladera para una vía multicarril con separador central en tangente y una de dos carriles en curva.



Fuente: Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito MTC

FIGURA # 18: Donde se muestra una sección en media ladera para una vía multicarril con separador central en tangente y una de dos carriles en curva.



Fuente: Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito

MTC

CAPÍTULO IV: PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

4.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL

a) RED VIAL PRIMARIA

Mediante Decreto Supremo N° 017-2007-MTC del 27 de mayo del 2007, se aprueba el Reglamento de Jerarquización Vial para el Perú. Se denomina como SISTEMA NACIONAL, Corresponde a las carreteras de interés nacional conformada por los principales ejes longitudinales y transversales, que constituyen la base del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC). Sirve como elemento receptor de las carreteras Departamentales o Regionales y de las carreteras Vecinales o Rurales.

b) RED VIAL SECUNDARIA

Se denomina como SISTEMA DEPARTAMENTAL, Conformada por las carreteras que constituyen la red vial circunscrita al ámbito de un gobierno regional. Articula básicamente a la Red Vial Nacional con la Red Vial Vecinal o Rural. Tiene vías complementarias o alimentadoras de la Red Vial Nacional y sirve como elemento receptor de los caminos de la Red Vial Vecinal o Rural.

c) RED VIAL TERCIARIA O LOCAL

Se Conforman por las carreteras que constituyen la red vial circunscrita al ámbito local, cuya función es articular las capitales de provincia con capitales de distrito, éstos entre sí, con centros poblados o zonas de influencia local y con las redes viales nacional y departamental o regional. Tiene como objetivo principal servir de elemento de unión y comunicación entre los principales centros poblados, entre los centros de producción de la zona a que pertenecen, entre sí y con el resto del país, articulándose con la Red Vial Departamental o Regional y/o de la Red Vial Nacional.

CUADRO # 04

GENÉRICA	DENOMINACIÓN EN EL PERU
1. RED VIAL PRIMARIA	1. SISTEMA NACIONAL Conformado por carreteras que unen las principales ciudades de la nación con puertos y fronteras.
2. RED VIAL SECUNDARIA	2. SISTEMA DEPARTAMENTAL Constituyen la red vial circunscrita principalmente a la zona de un departamento, división, política de la nación, o en zonas de influencia económica; constituyen las carreteras troncales departamentales.
3. RED VIAL TERCIARIA O LOCAL	3. SISTEMA VECINAL Compuesta por: <ul style="list-style-type: none"> • Caminos troncales vecinales que unen pequeñas poblaciones. • Caminos rurales alimentadores, uniendo aldeas y pequeños asentamientos poblacionales.

Clasificación de Acuerdo a la Demanda

1. AUTOPISTAS

Carretera de Índice Medio Diario Anual (IMDA) mayor de 4000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles, con control total de los accesos (ingresos y salidas) que proporciona flujo vehicular completamente continuo. Se le denominará con la sigla A.P.

2. CARRETERAS DUALES O MULTICARRIL

De IMDA mayor de 4000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles; con control parcial de accesos. Se le denominará con la sigla MC (Multicarril).

3. CARRETERAS DE 1RA. CLASE

Son aquellas con un IMDA entre 4000-2001 veh/día de una calzada de dos carriles (DC).

4. CARRETERAS DE 2DA. CLASE

Son aquellas de una calzada de dos carriles (DC) que soportan entre 2000-400 veh/día.

5. CARRETERAS DE 3RA. CLASE

Son aquellas de una calzada que soportan menos de 400 veh/día.

6. TROCHAS CARROZABLES

Es la categoría más baja de camino transitable para vehículos automotores. Construido con un mínimo de movimiento de tierras, que permite el paso de un solo vehículo.

Clasificación según Condiciones Orográficas

CARRETERAS TIPO 1

Permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos ligeros. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, es menor o igual a 10%.

CARRETERAS TIPO 2

Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de las de los vehículos de pasajeros, sin ocasionar el que aquellos operen a velocidades sostenidas en rampa por un intervalo de tiempo largo. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, varía entre 10 y 50%.

CARRETERAS TIPO 3

Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir a velocidad sostenida en rampa durante distancias considerables o a intervalos frecuentes. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, varía entre 50 y 100%.

CARRETERAS TIPO 4

Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en rampa que aquellas a las que operan en terreno montañoso, para distancias significativas o a intervalos muy frecuentes. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, es mayor de 100%.

4.1.3.4. Clasificación según el tipo de superficie de Rodadura

Teniendo en cuenta la estructura de la carpeta de rodadura, las carreteras pueden clasificarse en:

A. Carreteras pavimentadas:

Las carreteras pavimentadas son aquellas vías que tienen una estructura formada por una o más capas de materiales seleccionados y eventualmente tratados (pavimento), que se colocan sobre la subrasante con el objetivo de proveer una superficie de rodadura adecuada y segura bajo diferentes condiciones ambientales y que soporta las solicitaciones que impone el tránsito. Las carreteras pavimentadas son construidos plenamente desde el punto de vista de la ingeniería, donde la superficie de rodamiento está formada por capas de concreto asfálticos, concreto hidráulico o adoquines. Los costos de transporte de importar material adecuado han promovido el desarrollo de técnicas de estabilización para poder utilizar los recursos localmente disponibles. En muchas ocasiones, las resistencias requeridas pueden obtenerse de un material local de baja calidad, a través de la adición de pequeñas cantidades de agentes estabilizadores (estabilizadores cementantes, asfálticos, entre otros) a un costo relativamente bajo. Estas técnicas son aplicables tanto al reciclado como a nuevas construcciones. A través del suplemento de un agente estabilizador, el material recuperado de un pavimento existente puede ser mejorado, eliminando así la necesidad de importar nuevos materiales que cumplan con las resistencias requeridas por la estructura del pavimento.

B. Carreteras no pavimentadas:

Son aquellas vías que tienen una capa delgada de asfalto o estabilizadas mediante aditivos, pero que no pasaron por un proceso de

pavimentación. El manual de diseño para carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, ha considerado que básicamente se utilizarán los siguientes materiales y tipos de superficie de rodadura:

Carreteras de tierra constituidas por suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo.

Carreteras gravosas constituidas por una capa de revestimiento con material natural pétreo sin procesar, seleccionado manualmente o por zarandeo, de tamaño máximo de 75 mm.

Carreteras afirmadas constituidas por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificadas naturalmente o por medios mecánicos (zarandeo), con una dosificación especificada, compuesta por una combinación apropiada de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo 25mm.

Afirmados con gravas naturales o zarandeadas.

Afirmados con gravas homogenizadas mediante chancado.

Carreteras con superficie de rodadura estabilizada con materiales industriales:

Grava con superficie estabilizada con materiales como: cal, aditivos químicos y otros.

Suelos naturales estabilizados con: material granular y finos ligantes, cal, aditivos químicos y otros.

4.1.4. SISTEMA VIAL PERUANO

La red vial en el Perú está compuesta por más de 78,000 km. de carreteras, organizada en tres grandes grupos: las carreteras longitudinales, las carreteras de penetración y las carreteras de enlace. Estas rutas están a cargo de PROVIAS, organismo descentralizado del ministerio de Transportes y Comunicaciones, quien tiene la función mantener y ampliar dichas vías. Por la calidad y el tipo de vehículos que las recorre podemos clasificarla en 3 categorías: autopistas, carreteras asfaltadas y caminos afirmados.

4.1.4.1 Carreteras no Pavimentadas en el Perú

La red vial en el Perú, la cual como se señaló en el capítulo anterior está compuesta por más de 78,000 km. de carreteras, organizada en tres grandes grupos: las carreteras longitudinales, las carreteras de penetración y las carreteras de enlace. La mayor parte de nuestra red vial son caminos afirmados construidos en base a tierra y ripio, es decir son carreteras no pavimentadas dentro de la cual se distinguen tres tipos: Los que pertenecen a la red nacional, los caminos secundarios¹¹ y vecinales y, las trochas carrozables¹².

4.1.5 Obras Ejecutadas en Carreteras No Pavimentadas

4.1.5.1. Mantenimiento de carreteras no pavimentadas

En forma general, se define el término «mantenimiento vial» como el “conjunto de actividades que se realizan para conservar en buen estado las condiciones físicas de los diferentes elementos que constituyen el camino y, de esta manera, garantizar que el transporte sea cómodo, seguro y económico. En la práctica lo que se busca es preservar el capital ya invertido en el camino y evitar su deterioro físico prematuro”¹³. En el Perú, las carreteras no pavimentadas, conforman el mayor porcentaje del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), las cuales se caracterizan por tener una superficie de rodadura de material granular. Además, si se toma en consideración el Manual Técnico de Mantenimiento Rutinario para la Red Vial No Pavimentada se distingue dos tipos de trabajos en carreteras no pavimentadas.

4.1.5.2. Mantenimiento rutinario

Es el conjunto de actividades que se ejecutan permanentemente a lo largo del camino y que se realizan en los diferentes tramos de la vía; estas actividades tienen como finalidad principal la preservación de todos los elementos del camino con la mínima cantidad de alteraciones o de daños y, en lo posible, conservando las condiciones que tenía después de la construcción o la rehabilitación. El mantenimiento rutinario es de carácter preventivo, por tal razón se incluyen como parte de este; a las

actividades de limpieza de las obras de drenaje, el corte de la vegetación y las reparaciones de los defectos puntuales de la plataforma, entre otras actividades. En síntesis, el mantenimiento rutinario como conjunto de actividades que se realizan en las vías con carácter permanente para conservar sus niveles de servicio, para lo cual se realizan actividades que pueden ser manuales o mecánicas principalmente labores de limpieza, bacheo, perfilado, roce, eliminación de derrumbes de pequeña magnitud, etc. también incluye las actividades socio ambientales, de atención de emergencias viales menores y de cuidado y vigilancia de la vía.

4.1.5.3. Mantenimiento periódico

Es el conjunto de actividades que se ejecutan en períodos, en general, de más de un año y que tienen el propósito de evitar la aparición o el agravamiento de defectos mayores, de preservar las características superficiales, de conservar la integridad estructural de la vía y de corregir algunos defectos puntuales mayores. Ejemplos de este mantenimiento son la reconfiguración de la plataforma existente y las reparaciones de los diferentes elementos físicos del camino. En otras palabras el mantenimiento será periódico, cuando el conjunto de actividades programadas cada cierto período, se realizan en las vías para conservar sus niveles de servicio; dichas actividades pueden ser manuales o mecánicas y están referidas principalmente a labores de descalaminado, perfilado, nivelación, reposición de material granular, así como reparación o reconstrucción puntual de los puentes y obras de arte.

4.1.5.4. Conservación de carreteras

Dentro de las tareas de conservación pueden distinguirse diferentes niveles; en primer lugar, se sitúa la conservación propiamente dicha, en la cual las actuaciones no conducen a modificaciones sustanciales de los elementos de las carreteras. Dentro de esta conservación se realizan actuaciones periódicas que impiden la aparición de deterioros (conservación preventiva) o bien se actúa lo antes posible cuando esos deterioros han aparecido (conservación curativa). A su vez,

la conservación curativa puede dirigirse a la reparación de deterioros localizados (operaciones localizadas) o al tratamiento de tramos de una longitud apreciable (operaciones generales). Dado que la conservación vial involucra muchas actividades. Una de las más importantes es capacitar técnicamente a quienes tienen la tarea de hacerlo y organizar su esfuerzo lo cual por su naturaleza es una tarea permanente. Otra de las actividades es la ejecución misma de las obras de conservación, las cuales que deberán realizarse correcta y oportunamente. Como se señaló en las líneas precedentes, la conservación vial está a cargo del Estado, en sus diversos niveles de gobierno; luego, para lograr proteger las carreteras, las autoridades y/o entidades competentes o responsables de la conservación de las obras viales según el tipo de red vial, son:

Para la Red Vial Nacional: El Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Para la Red Vial Departamental o Regional: El Gobierno Regional a través de su unidad ejecutora de la Gestión Vial.

Para la Red Vial Vecinal o Rural: Los gobiernos locales a través de sus unidades ejecutoras de gestión vial.

4.1.5.5. Rehabilitación de las carreteras no pavimentadas

En un segundo nivel de la conservación se sitúan las rehabilitaciones. En general, se recurre a ellas cuando el paso del tráfico y las acciones climáticas han provocado una disminución apreciable de las características iniciales o cuando se quiere hacer frente a nuevas solicitudes no contempladas con anterioridad. Las rehabilitaciones de una carretera no pavimentada incluyen actuaciones de carácter extraordinario a menudo de aplicación general, en un tramo de longitud apreciable y cuyo objetivo es un aumento significativo del índice de estado o de comportamiento de la carretera. Las rehabilitaciones pueden referirse a:

- Rehabilitaciones superficiales; cuando se trata de rehabilitaciones o renovaciones superficiales. Por ejemplo: Disminuir o eliminar el nivel de

polvo que empieza a presenciarse luego de un tiempo después de haberse aplicado el estabilizador.

- Rehabilitaciones significativas. Por ejemplo: Cuando se opta por cambiar el aditivo estabilizador por otro.

- Rehabilitaciones estructurales; las que se llevan a cabo habitualmente con el fin de producir un aumento significativo de la capacidad estructural de la carretera. Por ejemplo: Cuando se ensancha la carretera o se opta por la pavimentación.

4.1.6 CONSERVACIÓN VIAL

4.1.6.1. Definición

Conjunto de operaciones necesarias para la preservación y mantenimiento de una carretera y de cada uno de sus elementos componentes y complementarios en las buenas condiciones para el tráfico compatibles con las características geométricas, capa de rodadura que tuvo cuando fue construida, o al estado último a que ha llegado después de las posibles mejoras que haya recibido a lo largo del tiempo.

4.1.6.2 Enfoque actual

Se trata de un cambio en la concepción tradicional de trabajo de actuar para reparar lo dañado, adoptándose una política de carácter preventivo para la conservación vial. Esto garantiza que los caminos nacionales y vecinales tengan los niveles necesarios para una adecuada circulación vial en todas las épocas del año.

4.1.6.3. Importancia en la conservación vial

Es importante mantener los caminos porque permite:

- Garantizar un confort adecuado y seguridad al usuario.
- Ahorro en los costos de operación de vehículos.
- Disminuye el tiempo perdido en el viaje.
- Mantiene la inversión en las etapas de construcción, reconstrucción o rehabilitación.

4.1.6.4 Ciclo de vida de un camino

Los deterioros de un camino, como ya se ha mencionado, se deben en principio al efecto del agua y del tráfico. Estos influyen en el progreso de desgaste y en la transitabilidad. Por eso el mantenimiento debe hacerse sostenidamente en el tiempo de manera preventiva, para así poder extender el tiempo de vida útil y reducir las inversiones en mantenimientos periódicos y no llegar a la reconstrucción. El ciclo de deterioro de un camino consta de cuatro fases:

Fase 1: Construcción. En esta fase el camino se encuentra en excelentes condiciones para la satisfacción de los conductores.

Fase 2: Deterioro lento y poco visible. El camino presenta desgaste después de un tiempo, donde se evidencia de manera significativa el deterioro de la superficie de rodadura. Durante esta fase el camino se encuentra en buen estado.

Fase 3: Deterioro acelerado.

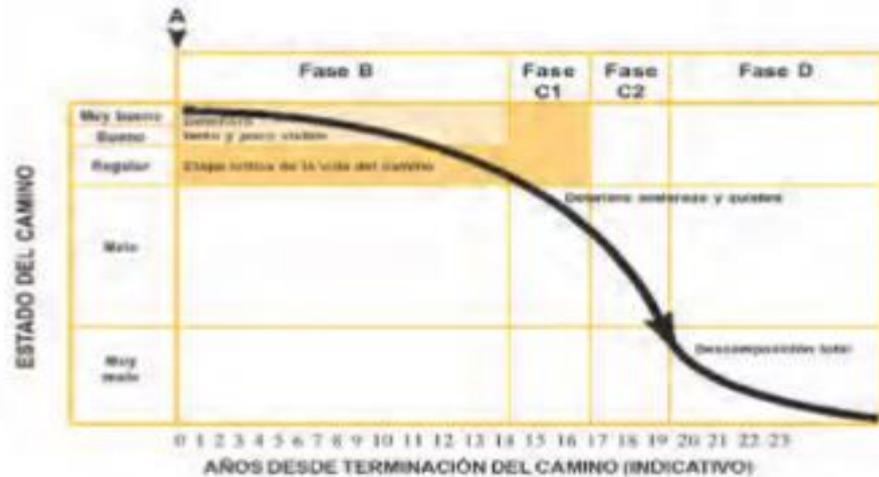
Aquí la carretera presenta mayor desgaste en la superficie de rodadura y en los demás elementos de la carretera. Se evidencia el deterioro acelerado y cada vez resiste menos al tránsito vehicular. Los daños comienzan a hacerse puntuales y en el tiempo se van extendiendo hasta afectar al camino. Tiene corta duración y es el comienzo de la aceleración del deterioro superficial.

Fase 4: Descomposición Total

En esta fase los vehículos elevan sus costos de operación y tienen dificultades para circular. La capacidad del camino se ve reducida afectando así a los vehículos en los neumáticos, ejes, amortiguadores y el chasis

FIGURA # 19

Figura 8: Curva de deterioro de un pavimento de hormigón asfáltico



Fuente: Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas. Lima. 1era edición 2003. Pág. 5

4.1.6.5. El mantenimiento vial y su relación con la rugosidad

Las características funcionales de una vía tienen gran incidencia en las condiciones de seguridad y comodidad, lo que afecta económicamente a los costos de operación y mantenimiento. Las irregularidades que presenten las vías tienen relación directa con los costos de operación de los vehículos, por consiguiente afecta la velocidad, el desgaste de las llantas y el consumo de combustible. Estas irregularidades aparte de ocasionar desgastes en los vehículos modifican el estado de esfuerzos y deformaciones en la estructura de la vía. La calidad de un pavimento se puede entender como la capacidad estructural que soporta a diferentes solicitaciones, asimismo como la comodidad que siente el usuario al transitar sobre el pavimento.

Se cuantifica ésta capacidad efectuándose métodos debidamente normados tales como: la extracción de testigos, ensayos de calidad de agregados, ensayo de abrasión, etc. y la comodidad del usuario se cuantifica en forma relativa de acuerdo a su percepción, la cual tiene relación directa con las irregularidades superficiales del pavimento.

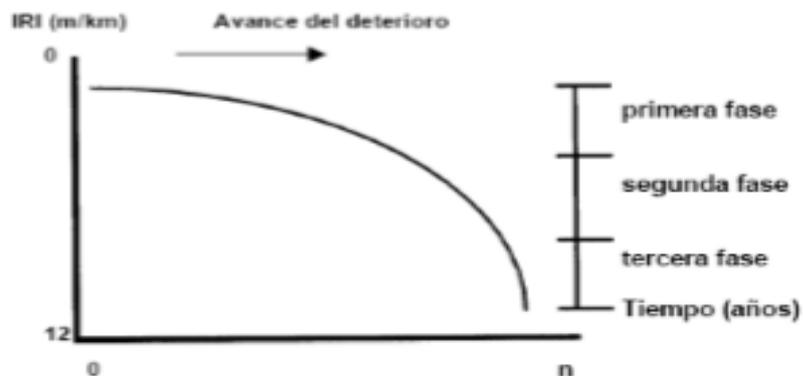
El Índice de Rugosidad Internacional (IRI), fue aceptado como estándar de medida de la regularidad superficial de un camino por el Banco Mundial en el año 1986, siendo obtenida por medio de una correlación con cualquier equipo de medición de rugosidad. El IRI puede ser entendido como una especificación de construcción o el estado del pavimento, está orientado al mantenimiento cuya incidencia se centra en funciones de aspectos económicos (IRI vs costos de usuarios), sociales (opinión de los usuarios) y técnicos (gestión de carreteras, costos de conservación vs costo Unitario).

4.1.6.6. Comportamiento típico de la condición superficial en función del IRI

Los factores que afectan la condición superficial (de manera principal el tráfico de vehículos y las precipitaciones pluviales) ocasionan una disminución no lineal en la calidad superficial en función de la rugosidad dividiéndose en tres etapas, donde la primera tiene un deterioro poco significativo en los primeros años; la segunda presenta desgaste más acusado y la tercera significa una etapa de deterioro acelerado, en pocos años el nivel de servicio cae de forma importante, por esta razón va a llegar a un costo significativo de mantenimiento del camino y como límite puede ser necesaria una reconstrucción total del mismo.

FIGURA # 20

Figura 9: Avance del deterioro de un camino respecto al tiempo.



4.1.6.7. Evaluación de las condiciones de la vía

La condición de la superficie de la vía está relacionada con varios factores como: Integridad estructural, capacidad estructural, fallas o defectos y su nivel de deterioro.

La evaluación cualitativa y/o cuantitativa de algunos factores puede exigir uso de equipos costosos. Pero estos factores pueden evaluarse en forma empírica mediante la observación, para esto se debe tener en cuenta la experiencia de campo del profesional encargado.

Estas observaciones pueden plasmarse en el Índice de la condición de la vía no pavimentada (ICVNP): basado en una escala que va desde 0 hasta 100. Con esto se indica la integridad de la vía y sus condiciones de operación, se determina a través de la medición de los defectos de la superficie de la vía.

4.1.6.8. Niveles de intervención

Son las actividades que se realizan en la vía con la finalidad de evitar el deterioro de la infraestructura del camino, tiene diversos niveles que van desde una intervención sencilla hasta una más costosa.

Obras de conservación rutinaria: actividades de carácter preventivo que se ejecutan para conservar la calzada, el sistema de drenaje, la señalización y obras de arte. En general se realizan durante todo el año para evitar el deterioro de la vía y garantizar la transitabilidad.

Obras de conservación periódica: acciones que se realizan para reconformar y restablecer las características en la superficie de rodadura. Generalmente se repiten en periodos de más de un año de acuerdo a la influencia del tráfico.

Obras de conservación puntual: son trabajos aislados que corrigen un defecto funcional o estructural. Del mismo modo también sirve para eliminar un riesgo que se pueda prevenir.

Trabajos de emergencia: conjunto de actividades que se realizan para devolver la transitabilidad en una vía donde ha sido afectada por eventos extraordinarios o fuerza mayor.

4.2. ESTUDIOS BASICOS

4.2.1 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL IMPACTO AMBIENTAL

Para el caso de la determinación del impacto ambiental de los aditivos estabilizadores, los datos a tenerse en cuenta serán los recogidos a través de la revisión bibliográfica de otras investigaciones relacionadas con el uso del cloruro de Calcio (Cal), la experiencia de estabilización con Bischofita de la carretera de unión vistoso-pueblo libre-san pedro-san Cristóbal-nuevo progreso-quisto central. en el distrito de pichari la convención cusco, el informe del proyecto para determinar el comportamiento de RoadMag como Estabilizador de carpetas granulares y supresor de polvo en caminos de operación de la Sociedad Minera Cerro Verde en Arequipa, el informe del proyecto para determinar el comportamiento de RoadMag como estabilizador de carpetas granulares y supresor de polvo en caminos vecinales en Ccarapongo en de Lima y el informe del proyecto para determinar el comportamiento de RoadMag como supresor de polvo en caminos de ingreso y de operación de la Agroindustria IQF en la Ciudad de Ica.

4.2.2 ESTUDIO DE IMPACTO SOCIO AMBIENTAL

4.2.2.1 GENERALIDADES

La importancia de incorporar consideraciones ambientales en todo proceso de desarrollo de un proyecto, permite definir una estrategia orientada a evitar el deterioro de los recursos naturales, a fin de que sigan proporcionando la base para mayor desarrollo económico sostenido y ofrecer una advertencia adecuada de los efectos colaterales que puede ocasionar el desarrollo de proyectos que quizá originen costos que no han sido determinados en los procedimientos ordinarios de su elaboración.

4.2.2.2 OBJETIVOS

Identificar, predecir, interpretar y comunicar los probables impactos ambientales que se originarían por las actividades de construcción, a fin de

implementar las medidas de mitigación que eviten, reduzcan o controlen los impactos ambientales negativos

Las obras se ejecutarán teniendo en consideración los criterios técnicos según la normatividad, adecuándose a las condiciones físicas del terreno y que guarden armonía con el paisaje local.

El espacio aéreo local no se afectará durante la ejecución del proyecto a través de la emisión de gases contaminantes, por cuanto no se utilizarán aditivos tóxicos durante el manipuleo de los materiales a emplearse en su ejecución.

No se ejecutarán actividades orientadas a la tala de árboles que alteren el entorno ambiental de los centros poblados, ya que se cuenta con un terreno libre de vegetación. Tampoco habrá apertura de trocha carrozable para el transporte de materiales, por cuanto se dispone del acceso respectivo.

Proponer soluciones para prevenir, mitigar y corregir los diferentes efectos desfavorables producidos por la ejecución del proyecto.

4.2.3 LEGISLACIÓN Y NORMAS QUE ENMARCA EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)

4.2.3.1 CONSTITUCION POLITICA DEL PERU (29 de diciembre de 1993)

Art. 66: Los recursos naturales renovables y no renovables son patrimonio de la nación, el estado es soberano en su aprovechamiento. **Art. 67:** El estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de los recursos naturales. **Art. 68:** El estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

4.2.3.2 CODIGO DEL MEDIO AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES (D.L 613 del 08/09/90)

Art. 1.- Toda persona tiene derecho irrenunciable a un ambiente saludable, ecológicamente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida, asimismo a la preservación del paisaje y la naturaleza. Todos tienen el deber de conservar dicho ambiente.

Art. 2.- El Medio Ambiente y los recursos naturales constituyen patrimonio de la Nación. Su protección y conservación son de interés social y pueden ser invocados como causa de necesidad y utilidad públicas.

Art. 3.- Toda persona tiene derecho a exigir una acción rápida y efectiva ante la justicia, en defensa del medio ambiente y recursos naturales.

Art. 6.- Toda persona tiene derecho a participar en la política y en las medidas de carácter nacional y local relativas al medio ambiente y a los recursos naturales, de igual modo a ser informadas de las medidas o actividades que puedan afectar directa o indirectamente la salud de las personas o de la integridad del ambiente y los recursos naturales.

Art. 14.- Es prohibido la descarga de sustancias contaminantes que provoquen degradación de los ecosistemas o alteren la calidad del ambiente sin adoptarse precauciones para la depuración.

Art. 15.- Queda prohibido verter o emitir residuos sólidos, líquidos o gaseosos u otras formas de materias o de energía que alteren las aguas en proporción capaz de hacer peligroso su uso.

Art. 36.- El patrimonio natural de la nación está constituido por la diversidad ecológica, biológica y genética que albergue su territorio.

Art. 39.- El estado concede protección especial a las especies de carácter singular y a los ejemplares representativos de los tipos de ecosistemas, así como al germoplasma de las especies domésticas nativas.

Art. 49.- El estado protege y conserva los ecosistemas en su territorio entendiéndose esto como las interrelaciones de los organismos vivos entre sí y con ambiente físico.

Art. 50.- Es obligación del Estado proteger los diversos tipos de ecosistemas naturales en el territorio nacional a través de un sistema de área protegidas.

Art. 54.- El estado reconoce el derecho de propiedad de las comunidades campesinas y nativas ancestrales sobre las tierras que poseen dentro de las áreas naturales protegidas y en sus zonas de influencia.

Art. 59.- El estado reconoce como recurso natural cultural toda obra arqueológica o histórica que al estar integrada al medio ambiente permite su uso sostenible.

Art. 73.- Los aprovechamientos energéticos, su infraestructura, transporte, transformación, distribución, almacenamiento y utilización final de la energía deben ser realizados sin ocasionar contaminación del suelo, agua o del aire.

Art. 78.- El estado promueve y fomenta la distribución de poblaciones en el territorio en base a la capacidad de soporte de los ecosistemas.

4.3. RESULTADOS.

En cuanto a la Trabajabilidad de la Bischofita se refiere, el producto funciona debido a que su alta higroscopicidad permite atraer y retener la humedad, aminorando de ese modo la pérdida de partículas finas del suelo y controlando la emisión de polvo. RoadMag aglomera las partículas finas produciendo superficies de rodado duraderas. Además provee resistencia a la acción abrasiva del tránsito debido a la formación de una cubierta en la superficie del camino producida por su cristalización. El cloruro de magnesio es muy corrosivo comparado con el cloruro cálcico.

Para el caso de la cal: En obra se aprecia que el suelo pierde su carácter pegajoso y toma un aspecto arenoso, mejorando enormemente su trabajabilidad y compactibilidad, mejorando también la capacidad portante. La modificación actúa tan rápidamente como se hace la mezcla de cal con el terreno. En general, para conseguir estas modificaciones, la dosificación necesaria de cal oscila entre el 1 y el 3 por ciento. El grado de pureza de la Cal no es importante, principalmente porque las impurezas más comunes son cloruro sódico, $ClNa$, y cloruro magnésico, $Cl2Mg$; y estas dos sales producen en los suelos efectos similares al cloruro cálcico.

La prueba de compresión no confinada se realiza con el propósito de determinar las características de resistencia de los suelos. Las muestras de suelo en estudio deberían ser inalteradas (no perturbadas), para así tener la certeza que los resultados de los ensayos, serán acorde con la realidad. La

muestra o probeta para un ensayo sin confinar, por lo general suele ser de forma cilíndrica en que su diámetro y altura están debidamente normalizados de modo de mantener la razón entre ellos para evitar posibles problemas de pandeo.

Para la Bischofita se tiene que el efecto inmediato del producto es mantener la humedad inicial de la carpeta, hacer mucho más duradera la cohesión fino-grueso, evitar la pérdida de fino y por consiguiente mejorar la superficie de rodadura. Aunque el proctor si mejora; se tiene que el producto (Bischofita) no mejora el valor del CBR en laboratorio, por lo que estructuralmente el comportamiento del camino dependerá de la calidad de los materiales que compongan la carpeta. En resumen los requisitos de resistencia de la sub-rasante y de la base son los exigidos para todas las carpetas granulares normales. Resultados de la experiencia de SALMAG señalan que los espesores recomendados para la carpeta son no menos de 12 cm. y no más 20 cm., dependiendo de la solicitud de cada camino y si el proyecto considera soportar grandes cargas, considerar CBR mín. 60% para la sub-base y 80% para la base. La banda granulométrica recomendada oscila entre tamiz 0.08 y 50 mm.; al respecto se debe anotar que el tamaño máximo de los áridos deberá ser a lo más un tercio del espesor de la carpeta de rodado compactada, que se podrá utilizar material cuya granulometría esté fuera de la banda recomendada, pero el desempeño y durabilidad de la carpeta de rodado estabilizada podrán verse reducidos y que RoadMag puede ser utilizado sin problemas con materiales no plásticos.

Para el caso de la Cal, cuando se desea adquirir resistencia, existe el problema de que no todos los suelo desarrollan rápido su resistencia con la cal, es por ello que en Texas se ha establecido el criterio de que si una mezcla suelo - cal se prueba a la compresión sin confinar inmediatamente después de compactarse y se obtiene 7 kg/cm², la mezcla es adecuada. El uso de cal para mejorar suelos con mayor plasticidad, aparte de conseguir ese fin, aumenta también su resistencia a la compresión sin confinar, produciendo una textura granular más abierta. La cantidad de cal es de un 2 a 8% en peso. Para que la cal reaccione convenientemente se necesita que el suelo tenga minerales arcillosos, o sea sílice y alúmina, y se pueda lograr

la acción puzolánica, que aglomerará adecuadamente las partículas del suelo. En general, el empleo de cal incrementa la capacidad portante de los suelos aumentando su índice C.B.R. en el tiempo. También aumenta las resistencias a tracción y a flexión. Por lo tanto, la mejora producida en las capas y explanadas estabilizadas permite reducir espesores y las posibilidades de fallo durante su vida útil. Las estabilizaciones de suelos inadecuados con cal para transformarlos en suelos competentes para su uso en terraplenes, ha abierto una vía para la minimización de canteras y botaderos. De la experiencia española en el uso de la Cal, en cuanto a la parte técnica de las obras se destaca:

- Se han obtenido reducciones del índice de plasticidad significativas.
- Así, de valores medios del IP de los suelos antes de estabilizar, en torno a 20-23, se pasa a IP entre 5-10, anulándose, incluso la plasticidad en muchos de los casos analizados.
- La estabilidad volumétrica, determinada mediante el ensayo de hinchamiento libre, muestra una fuerte reducción e incluso anulación de las expansividades.
- Se produce una fuerte reducción de finos del orden del 50% tras la estabilización con cal.
- Tras la estabilización con cal, los terraplenes quedaron ejecutados con unas características excelentes desde el punto de vista constructivo.

ESTABILIDAD BAJO AGUA

Para la Bischofita (principalmente) se debe evitarse su uso en la construcción en un terreno de capilaridad alta conocida y donde haya una fuente de agua a poca profundidad o en un lugar donde pueda ocurrir infiltración lateral, a menos que se tomen las precauciones adecuadas para interceptar este flujo de agua y drenarlo lejos de la base, carpeta o berma estabilizada.

Para la Cal, se tiene que durante las lloviznas, la extensión de la cal, la mezcla y la compactación puede seguir su operación normal. La extensión

de cal seca utilizando una motoniveladora bajo la lluvia puede ser difícil si no se hace rápidamente, ya que la cal se humedece. También, la lluvia puede provocar pérdida de alcalinidad si la cal no está contenida en el suelo escarificado y rápidamente incorporada en el mismo. Sin embargo, una vez que la cal ha sido mezclada con el suelo, las lloviznas reducen la cantidad de agua que se requiere rociar para la compactación. Después de la compactación, la capa tratada con cal es impermeable a la humedad y el agua de lluvia escurre en forma similar a un camino pavimentado. Esto significa que aún con lluvias fuertes, por lo general sólo se dan retrasos mínimos antes de que la capa de rodadura pueda ser aplicada (o en el caso de la estabilización de sub-rasante, la capa de base o sub-base colocada).

COMPORTAMIENTO ANTE CICLOS HIELO DESHIELO

La Bischofita logra que el punto de congelación del agua sea más baja de la de su condición normal; en efecto, la Bischofita baja la temperatura de congelamiento del agua hasta -33°C (T° eutéctica) con lo cual evita la formación de hielo (a condiciones normales) en la carretera.

En el caso del cloruro de calcio se tiene que su T° eutéctica es -51°C ; es decir, una solución de la sal cloruro cálcico se congela a una temperatura menor que el agua pura. La temperatura de congelación de la solución depende de la concentración de la sal; por consiguiente los suelos tratados con cloruro cálcico sufren menos los efectos del hielo y deshielo, debido a que están helados por un tiempo total menor. en razón de ello, cuando se dan heladas prematuras o los trabajos se retrasan y se desarrollan entrado el invierno, el daño de una helada puede ser reducido con los siguientes procedimientos:

1. El día siguiente de la helada, vuelva a compactar la base tratada con cal. La experiencia ha enseñado que heladas posteriores e intermitentes, tienen un efecto mínimo en la base. La primera helada normalmente causa un poco de "arrugamiento" o distorsión en la pulgada superior de la base.

2. Si ocurren descongelamientos de primavera como resultado del atraso de la construcción en el otoño, las secciones dañadas pueden ser trabajadas y compactadas nuevamente, y volverlas secciones permanentes y durables.

La mayoría de la cal todavía está activa y "libre", reaccionando fácilmente con el calor de la primavera. En el trabajo de nuevo de los suelos, puede ser deseable añadir cal para compensar una posible disminución en el pH de de la mezcla.

3. En el evento que suceda un cierre completo del Proyecto por el invierno, las subrasantes recientemente estabilizadas pueden de ser protegidas con una capa de material apropiado, por ejemplo material de préstamo.

COMPORTAMIENTO ANTE CAMBIOS DE HUMEDAD

La capacidad del suelo estabilizado de soportar variaciones importantes en una o más de sus propiedades de desempeño, a consecuencia de fenómenos naturales (cambios

estacionales) o artificiales (anegamientos, drenaje u otros); en promedio la humedad necesaria para evitar la resequedad de la carpeta producto de la humedad natural de la zona es de 32% para la Bischofita y 42% para el cloruro de calcio; en ese aspecto se debe tener en cuenta la humedad relativa de cada uno de los departamentos costeros del Perú (Ver anexo A.3) y comprobar la factibilidad de aplicar uno u otro producto; en efecto de la tabla de humedades relativas, se tiene que solo para el caso de Arequipa (Humedad relativa mínima = 46%) la aplicación del Cloruro de Calcio sería un poco desventajosa.

CONCLUSIONES

- El proceso de dosificación (Sal + Agua) lo hace un proceso tedioso y dependiente de otras partidas.
- El cloruro de Magnesio necesita un estricto control de calidad (1.25 gr/ml) para tener una salmuera en óptimas condiciones; lo que sucede por el contrario con el cloruro de calcio que sale de fábrica con un control de calidad ya establecido (1.38 gr/ml - 1.42 gr/ml).
- Las observaciones realizadas en campo muestran que en este caso en particular la Bischofita alcanza una vida útil máximo de 2 años sin necesidad de mantenimiento.
- La puesta en servicio de la carretera se puede realizar en forma inmediata a la construcción, pero se recomienda dar el tránsito después de 48 horas, para evitar una posible erosión en la carretera.
- Los tramos estudiados presentaron una buena terminación de la superficie de rodadura con la particularidad de presentarse siempre húmeda como recién regada, ya que capta la humedad ambiente.
- El Cloruro de Magnesio Hexahidratado es una sal cuya fórmula química es $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, y tiene la forma de cristales de color blanco. También recibe el nombre químico de Bischofita. Es una sal de magnesio obtenida de sales cuya composición es Cloruro de Magnesio hexahidratado, es utilizada como estabilizador químico de suelos ya que reduce el deterioro superficial de las carpetas granulares de rodado, como también controla la emisión de polvo.
- La estabilidad de suelos por medio de ligantes hidráulicos (cemento Portland) permite que se obtengan materiales con capacidad de soporte suficiente para construir capas para base en pavimentos sujetos a cargas pesadas como ser camiones o aeronaves.
- Conformados con solo capas asfálticas (full depth) o por adoquines de concreto sobre una capa granular, cuando la necesidad lo justifique el uso de estos pavimentos el proyectista deberán recurrir a los manuales de diseño correspondiente.

- La principal diferencia entre los pavimentos flexibles y los rígidos; está en la forma como se reparten las cargas. Desde el punto de vista de diseño, los pavimentos rígidos tienen un gran módulo de elasticidad y distribuyen las cargas sobre un área grande, la consideración más importante es la resistencia estructural del concreto hidráulico.
- El Cloruro de Magnesio Hexahidratado es una sal muy Higroscópica (H.R.= 32%) por lo cual funcionaria muy bien en regiones con climas secos; Por consiguiente no es viable para la costa del Perú. (H.R. Mínima Promedio = 68%) ya que se sobrehidratría el suelo convirtiéndolo en muy resbaladizo.
- El Cloruro de Calcio con su H.R.=42% se adecua mejor a las condiciones climáticas del Perú.
- Para el Cloruro de Magnesio se necesitan altas cantidades para tener altas concentraciones (28%) que a comparación del cloruro de calcio no sucede así (40%).
- Se comprobó el aumento de la máxima densidad seca conforme se le iba aumentado el porcentaje de aditivo (3%, 4% y 5%).
- No se pudo comprobar el aumento del C.B.R. en el ensayo de Laboratorio puesto que la inmersión de 48 horas no dejaba actuar al Cloruro de Magnesio.

RECOMENDACIONES

- De acuerdo a algunos investigadores, para el proceso constructivo en éste tipo de aplicación tecnológica se recomiendan hacer el mezclado y homogenizado con máquinas pulverizadoras, debido a que con la motoniveladora no se logra un 100% de efectividad.
- El proceso de compactación debe ser bien controlado en el momento y en la manera como se pasa el rodillo sobre la zona a compactar.
- Para este tipo de escenario, usar un afirmado de más de 10 cm de espesor debido a que el uso de estabilizadores no resulta para las condiciones dadas. - Realizar la aplicación de los aditivos en condiciones secas para evitar el exceso de agua en el proceso constructivo.
- Tener especial cuidado con la manipulación del cloruro de calcio al momento de aplicar el aditivo. Estar pendiente de todas las indicaciones de la persona encargada para el uso de un adecuado equipo de protección personal.
- El confinamiento de un depósito de suelo puede lograrse con la aplicación de columnas de grava, cuya construcción implica el reemplazo parcial de entre un 15 y 35% del suelo, que usualmente penetra hasta alcanzar un estrato resistente. La presencia de la columna crea un material compuesto de menor compresibilidad media y de mayor resistencia al corte que la del suelo natural. Los procedimientos para su construcción incluyen la vibrosustitución, que consiste en introducir un tubo por vibración, con inyección en la hinca para llegar hasta la profundidad máxima. El orificio se rellena luego con material de aporte (grava de tamaños en el rango de 2 a 80 mm); o bien con pilotes de grava, para lo cual se encamisa la perforación y, alcanzado el nivel previsto se la rellena, para luego extraer la camisa. Preconsolidación (suelos cohesivos): La preconsolidación se logra aplicando una sobrecarga sobre un depósito de suelo, la que debe exceder la carga máxima que este va a soportar. Se busca así que la

consolidación parcial sea equivalente al mayor grado que alcanzará con la carga máxima, la que requerirá mayor tiempo para producirse.

- El proceso puede acelerarse por medio de drenes verticales, conectados en su parte superior por un manto de arena que permita la liberación de la humedad.
- La naturaleza del suelo: La clase de suelo —arcilloso, grueso o finos— con la que se trabaja es una de las variables que influye de manera decisiva en el proceso de compactación de los suelos; tal es así que las técnicas y resultados que se obtengan responderán a un tipo de suelo.
- La principal aplicación de la Bischofita es el uso que se le da como estabilizador de caminos no pavimentados; razón por la cual y basado en la experiencia acumulada a la fecha, RoadMag permite estabilizar casi cualquier tipo de suelo. Sin embargo, se obtiene un mejor desempeño del producto con suelos que poseen estabilidad mecánica ($\text{CBR} > 50$ – 60% saturado o no sumergido según requerimientos de proyecto), además de cumplir ciertos requerimientos de granulometría y plasticidad.

FUENTES DE INFORMACION

- ALARCON IBARRA, Jorge. Estudio del comportamiento de mezclas Bituminosas recicladas en caliente en planta. Departamento de Infraestructura del Transporte y del Territorio Barcelona de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona de la Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, 2003
- BOWLES, Joseph E. Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil. Bogotá: McGraw – Hill Latinoamericana, 1981.
- BRAJA M. Das. Principios de Ingeniería de Cimentaciones. Cuarta Edición. International Thomson Editores. México, 2001
- CAMPOS DINAMARCA, Gabriel y ESPINOSA ORELLANA, Esteban. "Análisis comparativo de la eficiencia de supresores de polvo mediante el uso del equipo DUSTMATE y el efecto económico para la conservación rutinaria y periódica de carpetas granulares". En Memorias del 8^a Congreso Internacional Provia 2006. Dirección de Vialidad, Región del Maule.
- DIPUTACIÓN FORAL DE ÁLAVA. Definición de Zonas de la Carretera. Dirección de Obras Públicas y Transporte de la Provincia de Álava. País Vasco – España. Extraído el 10 de Junio de 2009 desde: http://194.30.32.164/images/documentacion/tramo_carreteras.pdf
- THENOUX, Guillermo y VERA, Sergio. Guía para la Aplicación de ROADMAG como Estabilizador de Caminos no Pavimentados. Dirección de Investigación Científica y Tecnológica del Centro de Ingeniería e Investigación Vial de la Universidad Católica de Chile. Santiago, Febrero del 2003.
- Guía para la Aplicación de ROADMAG como Supresor de Polvo en Caminos no Pavimentados. Dirección de Investigación Científica y

Tecnológica del Centro de Ingeniería e Investigación Vial de la Universidad Católica de Chile. Santiago, Febrero del 2003.

- Michael W. Sayers, Thomas D. Gillespie, and Cesar A. V. Queiroz. The International Road Roughness Experiment. Paper technical number 45 World Bank. Washington, DC., USA. 1986.
- Tomas G. Sanders, Jonathan Q. Addo, Alex Ariniello, and William F. Heiden, review by the Highway Division, Relative Effectiveness of Road Dust Suppressants, Journal of Transportation Engineering. USA, September-October, 1997.
- Tomas G. Sanders, Jonathan Q. Addo, Experimental Road Dust Measurement Device. Reviewed by the Highway Division. Journal of Transportation Engineering. USA, USA, November – December, 2000.
- William D. Paterson, Road Deterioration and Maintenance Effects: Models for Planning and Management (World Bank) (Paperback). USA. 198
- Manual De Diseño De Carreteras No Pavimentadas De Bajo Volumen de Tránsito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones
- Manual De Diseño De Carreteras No Pavimentadas De Bajo Volumen de Tránsito Capítulo Impacto Ambiental del Ministerio de Transportes y Comunicaciones