



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

ESCUELA DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA VIAL CON MENCIÓN EN
CARRETERAS, PUENTES Y TÚNELES**

**Influencia del uso del Sistema Geomalla Biaxial en el espesor de la
estructura de pavimentos rígidos sobre suelos cohesivos**

TESIS

Para optar el grado académico de Maestro en Ingeniería Vial con mención
en Carreteras, Puentes y Túneles

AUTOR

Bachiller Virto Tomasto, Jackson Romulo

(ORCID: 0000.0003.3797.6958)

ASESOR

Doctor Chavarry Vallejos, Carlos Magno

(ORCID: 0000-0003-0512-8954)

Lima, Perú

2022

Metadatos Complementarios

Datos de autor

Virto Tomasto, Jackson Romulo

Tipo de documento de identidad del AUTOR: DNI

Número de documento de identidad del AUTOR: 09965911

Datos de asesor

Doctor Chavarry Vallejos, Carlos Magno

Tipo de documento de identidad del ASESOR: DNI

Número de documento de identidad del ASESOR: 07410234

Datos del jurado

JURADO 1: Doctor Valencia Gutiérrez, Andrés Avelino, DNI N°07065758, ORCID 0000-0002-8873-189X

JURADO 2: Doctor Tamara Rodríguez, Joaquín Samuel, DNI N°31615059, ORCID 0000-0002-4568-9759

JURADO 3: Doctor Altamirano Herrera, Aníbal, DNI N°10426902, ORCID 0000-0003-2940-0078

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 732527

Código del Programa: 2.01.05

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a mis padres Rómulo y Martina, a mi esposa Rocío y a mis hijos Jason Martin y Milagros Guadalupe, gracias por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor, el Dr. Carlos Magno Chavarry Vallejos por su apoyo a lo largo de esta investigación para optar por el grado de Maestro.

CONTENIDO

RESUMEN	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	1
1.2 Formulación del problema.....	2
1.2.1 Problema General	2
1.2.2 Problemas secundarios.....	3
1.3 Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1 Objetivo principal.....	3
1.3.2 Objetivos secundarios	3
1.4 Importancia y Justificación de la investigación	4
1.4.1 Conveniencia.....	4
1.4.2 Relevancia Social	4
1.4.3 Aplicaciones prácticas	4
1.4.4 Utilidad metodológica.....	4
1.4.5 Valor teórico	4
1.5 Delimitación.....	4
1.5.1 Delimitación geográfica.....	4
1.5.2 Delimitación temporal	5
1.5.3 Delimitación teórica.....	5
1.5.4 Delimitación muestral.....	5
1.6 Alcance	5
1.7 Viabilidad.....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1 Marco histórico.....	6
2.2 Investigaciones relacionadas con el tema	7
2.2.1 Antecedentes internacionales	7
2.2.2 Antecedentes nacionales	11

2.2.3	Artículos relacionados con el tema	13
2.3	Estructuras teóricas y científicas que sustentas el estudio	16
2.3.1	Suelos.	20
2.3.2	Estabilización de Suelos.....	31
2.3.3	Estabilización con Geo sintéticos	32
2.3.4	Pavimentos Rígidos	37
2.3.5	Método de la Portland Concrete Association (PCA).....	46
2.4	Definición de términos básicos	55
2.5	Mapa Conceptual.....	56
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS.....		57
3.1	Hipótesis	57
3.1.1	Hipótesis general	57
3.1.2	Hipótesis específicas.....	57
3.2	Variables	57
3.2.1	Variables	57
3.3	Sistema de variables.....	58
3.3.1	Definición conceptual	58
3.3.2	Operacionalización de variables	60
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		63
4.1	Método de investigación	63
4.2	Tipo de investigación.....	64
4.3	Nivel de investigación.....	64
4.4	Diseño de investigación	64
4.5	Población y muestra.....	64
4.6	Técnicas de recolección de datos	64
4.6.1	Tipos de técnicas e instrumentos	65
4.6.2	Criterio de validez y confiabilidad de los instrumentos.....	65
4.6.3	Técnicas para el procesamiento y análisis de datos.....	65
CAPÍTULO V: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN		66
5.1	Estabilización con Geo sintéticos	66

5.2	Metodología Giroud Han (ASCE) Estructura del Pavimento	71
5.3	Método de Diseño AASHTO carpeta de rodadura de concreto.....	79
CAPÍTULO VI: APLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....		81
6.1	Diagnóstico de la Carretera	81
6.2	Tráfico	89
6.3	Características mecánicas de la Sub rasante	92
6.4	Diseño del espesor del pavimento rígido, aplicando la ecuación AASHTO ..	95
6.5	Diseño de la Estructura del Pavimento sin refuerzo, con losa de concreto, aplicando MACREAD.....	120
6.6	Diseño considerando refuerzo de Geomalla Biaxial, losa de concreto aplicando MACREAD.....	124
6.6.1	Capacidad portante de la sub rasante	130
6.6.2	Propiedades mecánicas de la sub rasante	132
6.6.3	Cálculo de deflexión	132
6.6.4	Colocación de Geotextil anticontaminante entre la sub rasante y la base para confinar la mezcla del material granular de las capas del pavimento.	135
CAPÍTULO VII: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS		137
7.1	Resultados de la investigación.....	137
7.1.1	Módulos de elasticidad	137
7.1.2	Deflexiones calculadas con Windepav 2.6	137
7.2	Análisis e Interpretación de los Resultados	138
7.2.1	Influencia del módulo de elasticidad mejorado de la subrasante en las capas del pavimento.....	138
7.2.2	Influencia de la deflexión en las capas del pavimento.....	138
7.2.3	Influencia del confinamiento lateral para conservar las características técnicas de las capas del pavimento.....	139
7.3	Constatación de hipótesis	139
7.3.1	Hipótesis específica ítem 3.1.2.a	140
7.3.2	Hipótesis específica ítem 3.1.2.b	140
7.3.3	Hipótesis específica ítem 3.1.2.c	141
CONCLUSIONES		143

RECOMENDACIONES	145
REFERENCIAS	146
BIBLIOGRAFÍA	148
ANEXOS	150
8.1 Anexo 1: Estudio de Tráfico.....	151
8.2 Anexo 2: Estudio de Suelos.....	174
8.3 Anexo 3: Diseño de pavimento rígido.....	233
8.4 Anexo 4: Memoria de Cálculo de Geosintético	259

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Comparación de estructuras de concreto	2
Figura 2: Clasificación AASHTO.....	22
Figura 3: Clasificación SUCS.....	23
Figura 4:Geomalla Biaxial	34
Figura 5: Proceso de Fabricación de las Geomallas Biaxiales	34
Figura 6: Mecanismo de Confinamiento Lateral.....	35
Figura 7: Mecanismo de Mejoramiento de Capacidad de carga.....	36
Figura 8: Efecto de Membrana Tensionada	37
Figura 9: Esquema de pavimento de concreto simple con juntas	39
Figura 10: Esquema de pavimento de concreto reforzado con juntas	40
Figura 11: Esquema de pavimento de concreto continuamente reforzado	40
Figura 12: Pavimento de concreto reforzado con juntas (malla de refuerzo)	41
Figura 13: Pavimento de concreto reforzado con juntas	42
Figura 14: Geomalla y Geotextil.....	67
Figura 15: Confinamiento Lateral.....	69
Figura 16: Capacidad de carga.....	69
Figura 17: Efecto de Membrana Tensionada	70
Figura 18: Esfuerzos sobre el suelo de Subrasante.....	78
Figura 19: Ubicación del proyecto	82
Figura 20: Ubicación del Proyecto en Google Earth	82
Figura 21: Aniego formado en el inicio del tramo por la falta de cunetas, situación que deteriorará su estado	83
Figura 22: Deterioro de la capa de rodadura, totalmente encalaminada, ahuellada y con escaso drenaje.....	84
Figura 23: Deterioro de la capa de rodadura,.....	85

Figura 24: Puente existente viga-losa en buen estado	85
Figura 25: La topografía plana del lugar y el deterioro de la capa de rodadura, totalmente encalaminada, ahuellada y con escaso drenaje	86
Figura 26: Otra vista del estado de la vía	86
Figura 27: Deterioro de la capa de rodadura, totalmente encalaminada, ahuellada y con escaso drenaje, es en toda la vía.....	87
Figura 28: Otra vista del estado calamitoso de la vía	88
Figura 29: Deterioro en el recorrido de la capa de rodadura, totalmente encalaminada, ahuellada y con escaso drenaje	88
Figura 30: Final del tramo, se aprecia el deterioro de la capa de rodadura y la falta de cunetas	89
Figura 31: Correlación del módulo corregido k de la subrasante y el módulo definitivo afectado por el potencial de pérdida de soporte	110
Figura 32: Carta de diseño para pavimentos de concreto hidráulico, basada en valores medios de cada parámetro (segmento 1)	112
Figura 33: Continuación - Carta de diseño para pavimentos de concreto hidráulico, basada en valores medios de cada parámetro (segmento 2)	113
Figura 34: Software para geomallas MACREAD 2.0	121
Figura 35: Geomod Factor para geomallas	127
Figura 36: Efecto de la sub base sobre el módulo de reacción del sub grado.....	128
Figura 37: Sistema Final de Pavimento con Geomalla Biaxial	130
Figura 38: Datos para el cálculo de la deflexión permisible	133
Figura 39: Procesamiento de Datos con los valores de la Deflexión permisible	134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Funciones principales de algunos geo sintéticos.....	7
Tabla 2: Número de Calicatas para Exploración de Suelos	20
Tabla 3: Número de Ensayos de Módulo Resiliente y CBR	21
Tabla 4: Clasificación según tamaño de partículas	24
Tabla 5: Clasificación de suelos según índice de plasticidad.....	26
Tabla 6: Correlación de tipos de suelos AASHTO - SUCS	28
Tabla 7: Clasificación de Suelos – Método AASHTO	28
Tabla 8: Categorías de Sub rasante según CBR	29
Tabla 9: Correlaciones que involucran el CBR.....	30
Tabla 10: Beneficio de los Pavimentos de Concreto	38
Tabla 11: MR recomendado por tipo de vía	44
Tabla 12: Características de los pasadores con relación al espesor de la losa	45
Tabla 13: Recomendaciones de R.....	50
Tabla 14: Coeficiente de drenajes – parte 1	52
Tabla 15: Coeficiente de drenajes – parte 2.....	53
Tabla 16: Valores de J.....	54
Tabla 17: Módulos de rotura usuales en vías	54
Tabla 18: Matriz de consistencia en la cual está basado el presente estudio	60
Tabla 19: Matriz de operacionalización/ variable independiente del estudio	61
Tabla 20: Matriz de operacionalización / variable dependiente del estudio	62
Tabla 21: Proyección del Tráfico Total en años.....	90
Tabla 22: Índice Medio Diario Anual	91
Tabla 23: Cuadro de ensayos de C.B.R. ASTM D-1883 Valores de soporte de sub rasante.....	93

Tabla 24: Resumen de los Ensayos	94
Tabla 25: Estructura del pavimento	94
Tabla 26: Puntos de Control	95
Tabla 27: PBI de Ucayali	99
Tabla 28: Cuadro para el Periodo de Análisis en años	100
Tabla 29: Obtención del ESAL final.....	101
Tabla 30: Desviación Estándar Normal correspondiente a diferentes	104
Tabla 31: Coeficientes de transferencia de cargas recomendado para varios tipos de pavimento y condiciones de diseño (AASHTO).....	107
Tabla 32: Coeficientes de drenaje recomendados para el diseño de pavimentos (AASHTO).....	108
Tabla 33: Conversión de los CBR en su equivalente k.....	109
Tabla 34: Efecto de una subbase no tratado sobre el valor k de la subrasante	109
Tabla 35: Nuevo k por efecto de la sub base	110
Tabla 36: "K" definitivo aplicando la pérdida de soporte (Ls) para nuestro diseño se usará el valor de $92\text{pci} = 92\text{ lb/pul}^3$	111
Tabla 37: Pesos y medidas máximas permitidas	114
Tabla 38: Pesos y medidas máximas permitidas	115
Tabla 39: Pesos y medidas máximas permitidas	115
Tabla 40: Pesos y medidas máximas permitidas	117
Tabla 41: Pesos y medidas máximas permitidas	118
Tabla 42: Pesos y medidas máximas permitidas	118
Tabla 43: Interacciones del Sistema MACREAD 2.0 sin refuerzo.....	122
Tabla 44: Interacciones del Sistema MACREAD 2.0 con refuerzo.....	126
Tabla 45: Resultados de mejoramiento de capacidad portante.....	131
Tabla 46: Valores del Diseño de Pavimento	132
Tabla 47: Comparación de valores de deflexión	134

Tabla 48: Deflexión obtenida con el WindePav 2.6 de diseño de alternativas	135
Tabla 49: Módulos de Elasticidad mejorados	137
Tabla 50: Deflexiones calculadas con las combinaciones de diseño	137

RESUMEN

Esta investigación está orientada en ofrecer alternativas de solución a los problemas generados en la construcción de pavimentos sobre suelos cohesivos. Debido a su baja resistencia, podemos encontrar suelos con diversas características. Para el caso de los suelos cohesivos, al usarlo como suelo de fundación para el diseño de pavimento, generan grandes espesores de capas granulares y una carpeta de rodadura de mayor espesor, lo cual significa altos costos y tiempos en construcción. Es por esta situación que, desde hace unos años en distintas investigaciones, se han venido llevando a cabo propuestas con diversas mejoras para el suelo cohesivo. Entre ellas están la aplicación de aditivos químicos, métodos mecánicos, mejora con productos asfálticos, uso de geo sintéticos, entre otros tipos. En este documento se investigó el beneficio del sistema de Geomalla Biaxial como refuerzo en la subrasante en un proyecto vial, evaluando su comportamiento en función a las capas de sub base y base que forman parte de la estructura del pavimento. Esta evaluación se llevará a cabo con el soporte del software MACREAD 2.0 AASHTO de la empresa MACCAFERRI, para evaluar los módulos de resiliencia y el Windex 2.6 de libre disponible para evaluar las deflexiones de las capas del pavimento.

Palabras claves: sub rasante, sub base, base y carpeta de rodadura

ABSTRACT

This research is aimed at offering alternative solutions to the problems generated in the construction of pavements on cohesive soils. Due to its low resistance, we can find soils with different characteristics. In the case of cohesive soils, when using it as a foundation soil for pavement design, they generate large thicknesses of the granular layers and the tread layer, which means high costs and construction times. It is due to this situation that, for a few years, different investigations have been carrying out proposals with various improvements for cohesive soil. Among them, the application of chemical additives, mechanical methods, improvement with asphalt products, use of geosynthetics, among others. types. In this document, the benefit of the biaxial geogrid system as reinforcement in the subgrade in a road project was investigated, evaluating its behavior based on the sub-base and base layers that are part of the pavement structure, this evaluation will be carried out with MACREAD 2.0 AASHTO software support. of the company MACCAFERRI, to evaluate resilience modules and the freely available WindePav 2.6 to evaluate deflections of pavement layers.

Keywords: subgrade, underbase, base and rolling folder

INTRODUCCIÓN

El diseño de pavimentos depende de muchos factores. Uno de ellos es la capacidad de soporte de los suelos, que al ser bajo tiende a crear espesores mayores en la estructura del pavimento. Es por eso que se tiene que usar métodos para mejorar el suelo buscando reforzar el pavimento. De esta manera, el suelo mediante confinamiento lateral y un uso adecuado de la Geomalla Biaxial tiende a aumentar su resistencia a la tensión.

Además, la selva peruana cuenta en su mayoría con el tipo de suelo al que se aboca el presente estudio, es decir, suelo cohesivo. Este es predominante y carece en muchas zonas de material granular para la construcción de obras civiles en general. Debido a su hidrología producto de las constantes lluvias que suceden en la zona, se hace de difícil acceso el transporte de materiales granulares de localidades que cuentan con dicho material. Es por ello que los costos de construcción para el caso de las carreteras son muy elevados.

Desde los años 60 se viene desarrollando materiales para poder reforzar los suelos de fundación, entre los cuales están los polímeros, geos sintéticos, etc. Es con el uso de geo sintéticos que hasta la fecha se la logrado no solo un refuerzo en suelos blandos sino un mejoramiento a nivel estructural del pavimento. Estos métodos se vienen difundiendo ampliamente en todo el mundo, demostrando su eficiencia en el mejoramiento de la subrasante y la base granular.

Con lo antes expuesto, la presente investigación busca determinar la mejora que se generara en el caso de la aplicación del sistema de Geomalla Biaxial en el proyecto vial denominado "Mejoramiento de Vía de Interconexión al C.P. San José desde Puerto Callao, distrito de Yarinacocha, Región Ucayali". Se produce siguiendo los lineamientos establecidos por el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, con un posterior análisis de costos mediante las distintas alternativas de solución que se podrán obtener en el desarrollo de la investigación.

En el Capítulo I del presente estudio se describe la problemática de la construcción de las carreteras a nivel mundial, las cuales en algunos casos están apoyadas sobre suelo cohesivo, lo que genera mayores gastos en cuanto a materiales y tiempo de construcción.

En el Capítulo II, se presentan las investigaciones tanto nacional como internacional en las que se basa nuestro estudio. Además, se presenta la normativa para el diseño de carreteras vigente en el Perú.

En el Capítulo III, se detalla el sistema de hipótesis y las variables a utilizar en el proyecto de investigación, teniendo en cuenta las propiedades mecánicas de las capas del pavimento y el confinamiento de los materiales granulares.

En el Capítulo IV, se detalla la metodología que se utiliza y en la que se basa el proyecto de investigación.

En el Capítulo V, se detalla los distintos métodos que se utilizan a nivel internacional para el diseño de carreteras reforzadas en sus capas y subrasante con geomallas biaxiales.

En el Capítulo VI, se presenta la aplicación de la investigación para el diseño de la vía en estudio y su refuerzo con el geo sintético seleccionado.

En el Capítulo VII, se describen las conclusiones de la investigación, el análisis de la mejora y la selección de la alternativa óptima luego de aplicarse el sistema de Geomalla Biaxial. Además, se presenta la discusión de las hipótesis y su validación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Los proyectos viales deben estar materializadas con un buen suelo de fundación y que cuente con propiedades favorables para esto. La subrasante sobre la cual se apoya la estructura del pavimento, está conformada con terreno natural de fundación en el lugar de la ejecución del proyecto. En ocasiones los suelos de baja calidad requieren el reemplazo, mejoramiento o estabilización, para mejorar sus propiedades y capacidad de soporte. Esto de manera que cumpla con las condiciones de recibir la base y la carpeta de rodadura flexible o rígido, según se especifique en el proyecto.

Para tratar de conservar la vida útil de la estructura del pavimento proyectado, se debe tener condiciones favorables en la subrasante (suelo de fundación). Sin embargo, los suelos cohesivos tienen propiedades físicas no favorables para los proyectos viales, por lo que se tendrá que mejorar la estabilidad del suelo. Caso contrario, se deberá diseñar las capas del pavimento con mayores espesores para cumplir con el mismo requerimiento, lo que genera mayores costos en un proyecto.

Las vías de transporte de las ciudades de la selva y, en específico, la ciudad de Pucallpa, tienen en su mayoría presencia de suelos cohesivos (suelos blandos) y ausencia de material granular adecuado, lo que genera que tengan características físicas y mecánicas de baja calidad. Eso por ello que los proyectos viales tienen un costo más elevado que un proyecto vial común.

Los materiales de la subrasante inciden en la capacidad de carga para considerar la estructura del pavimento. A bajas resistencias aumentan los espesores de las capas estructurales de los pavimentos. Por el contrario, a mayor resistencia de los materiales de subrasante o suelo de cimentación, menores serán estos paquetes.

Por lo general la carpeta de rodadura de concreto hidráulico descansa en dos capas muy similares definidas como capa de base granular y sub rasante, asimismo en algunos casos se considera una capa de sub base (sub rasante mejorada).

La primera (base), formada por material granular y material ligante en una proporción de 70%/30% y la segunda (sub base), por material por lo menos zarandeado y para nuestro caso con un refuerzo estructural como la geomalla biaxial. La Figura 01 compara dos estructuras de pavimentos.

Figura 1: Comparación de estructuras de concreto



Figura 2.1 Componentes Estructurales de un Pavimento Rígido



Nota: En “Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la facultad multidisciplinaria oriental de la Universidad de El Salvador” por Hernández, J., Mejía, D., Zelaya, C. tesis para optar al título de Ingeniero Civil, p. 11. (<http://ri.ues.edu.sv/14342/1/50108285.pdf>)

Podemos afirmar que el estado actual de la vía no permite el tránsito seguro y cómodo debido a las fuertes precipitaciones pluviales en la ciudad y el continuo tránsito de vehículos en su mayoría pesados. Estas generan la formación de amplias zonas cubiertas de barro y el encalaminado de la vía, lo que genera desperfectos mecánicos e incrementos en los costos de transporte.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema General

¿En qué medida las propiedades mecánicas de la subrasante de un suelo cohesivo se relacionan en el espesor de la estructura de un pavimento?

1.2.2 Problemas secundarios

- a) ¿En qué medida el módulo de elasticidad del suelo cohesivo de fundación reforzado con sistema de Geomalla Biaxial se relaciona con la sub base y base del pavimento?
- b) ¿En qué medida la deflexión del suelo cohesivo de fundación reforzado con el sistema de Geomalla Biaxial se relaciona con la sub base y base del pavimento?
- c) ¿En qué medida el confinamiento lateral de las capas de pavimento de CBR definido con el sistema de Geomalla Biaxial y geotextil de confinamiento se relaciona con la sub base y base del pavimento?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo principal

Determinar las Propiedades mecánicas de la subrasante de un suelo cohesivo para reducir el espesor de la estructura del pavimento, aplicando el sistema de Geomalla Biaxial.

1.3.2 Objetivos secundarios

- a) Determinar el módulo de elasticidad de un suelo cohesivo sobre el comportamiento de la sub base y base del pavimento, aplicando el sistema de Geomalla Biaxial para disminuir el espesor de la estructura del pavimento.
- b) Determinar la deflexión del suelo cohesivo en relación con la sub base y base para su reducción, luego de aplicar el sistema de Geomalla Biaxial.
- c) Determinar el Confinamiento Lateral en relación con la sub base y la base para su reducción, luego de aplicar el sistema de Geomalla Biaxial.

1.4 Importancia y Justificación de la investigación

1.4.1 Conveniencia

Aplicando el sistema de Geomalla Biaxial en suelos cohesivos se obtendrán procesos más simplificados. Así, se disminuye la contaminación ambiental que se produce por la extracción de material de reemplazo.

1.4.2 Relevancia Social

Con la aplicación del sistema de Geomalla Biaxial se pueden lograr ahorros significativos en el costo final del proyecto ya que se utilizaría menor cantidad de material granular. Se debe tener en cuenta que este material es costoso en la zona por el transporte que se debe efectuar desde canteras alejadas.

1.4.3 Aplicaciones prácticas

Su aplicación será utilizada como una solución a los problemas con suelos cohesivos de los proyectos que se encuentren en el ámbito de la ciudad de Pucallpa y la selva del Perú.

1.4.4 Utilidad metodológica

Esta investigación se realiza por la necesidad de contar con una mejor opción de procedimiento constructivo como alternativa de solución a la falta de capacidad de carga del suelo de fundación. Usando el sistema de Geomalla Biaxial se proyecta tener una mejor estabilidad en el suelo natural, disminuyendo los asentamientos diferenciales y aumentando su resistencia al corte.

1.4.5 Valor teórico

Se pretende destacar la importancia del aprovechamiento de los geos sintéticos, dando continuidad a las investigaciones relacionadas.

1.5 Delimitación

1.5.1 Delimitación geográfica

El recojo y procesamiento de datos se llevará a cabo con datos de estudios de suelos de la obra "Mejoramiento de Vía de Interconexión al C.P. San José desde puerto Callao, distrito de Yarinacocha, región Ucayali".

1.5.2 Delimitación temporal

El periodo en el que se realizó el presente estudio fue entre las fechas de marzo 2021-agosto 2021.

1.5.3 Delimitación teórica

Esta investigación es de naturaleza no experimental debido a que la información presentara valores sin manipular producto de estudios realizados con la finalidad de plasmar las variables sin ningún tipo de intervención externa. Utilizamos los materiales informativos como nacionales e internacionales, libros, bibliografías, tesis, revistas, hojas técnicas, artículos que guarden relación con nuestra investigación.

1.5.4 Delimitación muestral

La unidad de análisis de la investigación serán las calicatas analizadas en las dos condiciones de trabajo planteados en la investigación cada 50m metros a lo largo de la vía.

1.6 Alcance

La importancia de la realización de esta investigación permite dar a conocer la funcionalidad de los geo sintéticos para solucionar problemas de baja capacidad de carga en pavimentos con suelos de fundación arcilloso. También se tendría una menor cantidad de movimiento de tierras, produciendo así la disminución del impacto ambiental.

1.7 Viabilidad

Existen varias fuentes de información respecto a nuestra investigación, lo que nos facilita ahondar en nuestro estudio teniendo información nacional como internacional gracias a los motores de búsqueda como ProQuest y Cybertesis-URP.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco histórico

A través del tiempo, el ser humano ha tratado de utilizar lo mejor posible los materiales a su alcance. El terreno natural (Suelo), uno de los más considerados, en este intento por encontrar un material con mejor comportamiento. De esta manera se puede recopilar información sobre “suelos reforzados” desde el principio de nuestra civilización. Es así que hay datos sobre el uso de troncos para estabilizar suelos arcillosos o por construir taludes con pendientes mayores usando fibras naturales o vegetación como refuerzo.

El desarrollo de fibras geo sintéticas hizo posible el desarrollo de esta herramienta, ya que contaban con ventajas en su utilización. Las fibras naturales siempre estaban expuestas al deterioro por la intemperie, mientras que las fibras fabricadas en base a polímeros presentaban una mejor resistencia.

Un polímero es una macromolécula (generalmente orgánica) formada por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeros. Los polímeros naturales más conocidos son el ADN, las proteínas y la celulosa. A partir de estas se desarrollan polímeros sintéticos en laboratorios. Dentro de los más usados actualmente podemos mencionar el nylon, el poliestireno, el policloruro de vinilo (PVC), el polietileno, etc.

El uso de estos materiales permitió la creación de una nueva clase de materiales: los geos sintéticos. La norma ASTM D4439 define un geo sintético como “un material planar fabricado a partir de materiales poliméricos usado en contacto con suelo, roca, tierra u otro material relacionado con la ingeniería geotécnico y que es parte de un proyecto realizado por el hombre” (p. 32). La estructura, la composición y el comportamiento molecular de los polímeros utilizados para formar este material tienen una influencia directa en sus propiedades físicas, mecánicas, hidráulicas, y en su comportamiento.

Los primeros materiales en desarrollarse fueron los geotextiles, un conjunto de textiles desarrollados como “telas filtrantes”. Estos alcanzaron gran popularidad durante los años cincuenta ya que se empezaron a utilizar como una alternativa al uso de material granular en aplicaciones de drenaje y control de erosión. Años después, en Francia, se dan los primeros intentos del uso de geo sintéticos en vías no pavimentadas, debajo de balastos

(ferrocarriles), dentro de terraplenes y como refuerzo de presas de tierra. En estos casos, se buscaba que el material cumpla las funciones de separación y refuerzo.

En la siguiente tabla podemos ver las funciones principales que cumplen los principales geos sintéticos presentes actualmente en el mercado:

Tabla 1: Funciones principales de algunos geo sintéticos

	Geotextil	Geomembrana	Geonet	Geomalla	Geocompuesto
Separación	X				X
Filtración	X				X
Drenaje	X		X		X
Impermeabilización		X			X
Refuerzo	X			X	X

Nota: TENSAR, 2013. De: “Análisis técnico económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles”. Tesis para obtener el título de ingeniero civil, por Orrego, D., p. 2. (<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5419>)

2.2 Investigaciones relacionadas con el tema

2.2.1 Antecedentes internacionales

Hernández, J., Mejía, D., Zelaya, C. tesis para optar al título de Ingeniero Civil, p. 11. (<http://ri.ues.edu.sv/14342/1/50108285.pdf>) (2016)

Mediante la investigación que tuvo como objetivo analizar las mejoras en el comportamiento de un suelo arcilloso mediante la utilización de cal como agente estabilizador. Este es utilizado como subrasante de pavimentos rígidos en la facultad multidisciplinaria oriental de la Universidad de El Salvador. Concluyeron que se puede mejorar el CBR del suelo natural al reducir el índice plástico y utilizando un agente estabilizador.

Los agentes estabilizadores para un suelo arcilloso mejoran las propiedades de esta y lo comprobaron con los resultados obtenidos de esta investigación, y observaron mejor trabajabilidad y comportamiento.

Suspes A., Carpio J. y Maldonado H. (2018).

Se tuvo como objetivo implementar un tramo de prueba para rehabilitar la estructura de pavimento del segmento vial y comparar el método convención versus la implementación de geo celdas. Mediante la investigación concluyeron que, para

usar las mismas, el personal debe estar calificado para realizar estas actividades y, también, que mejora mucho sus propiedades mecánicas del suelo natural.

Mohammad Reza S. y Nader G. (2021)

Desarrollaron una investigación para evaluar la efectividad de las geomallas colocadas sobre una subrasante resistente en un sistema de pavimentos flexibles reforzado. Esto a fin de reducir el espesor de la base. Para esto, los autores identificaron un tipo de estructura de pavimento y variaron los espesores, tipo de geomalla (biaxial y triaxial) y la ubicación de la misma. Así, se tuvo como resultado 6 moldes para el análisis, el cual se realizó en laboratorio utilizando un molde cilíndrico de acero. Para la evaluación del comportamiento de la geomalla en el pavimento se incluyeron: celdas de presión, para registrar las tensiones verticales en la interfaz subrasante-base y, un transformador diferencial variable lineal para monitorear la profundidad de surco de la superficie de las secciones de prueba.

Asimismo, se ejecutaron cargas cíclicas con un aumento de carga lineal de 2.2KN hasta 40 KN en un periodo de 1,3 segundos, en el que se registró las tensiones verticales y la profundidad de surcos de la superficie. Los resultados obtenidos en este estudio muestran que la inclusión de ambos tipos de geomallas en el pavimento flexible mostró reducciones en la formación de surcos de la superficie y las tensiones verticales en la interfaz subrasante-base. Además, el refuerzo con geomalla triaxial experimentó menos presión que las pruebas no reforzadas y reforzadas con Geomalla Biaxial. Asimismo, la inclusión de geomallas disminuyó el espesor de la capa en un 6% con Geomalla Biaxial y un 7% con geomalla triaxial. También se evidenció que el uso de geomallas aumentó el número de aplicaciones de carga en un factor de 1.5 a 7.5 para una misma profundidad de la formación de surcos.

Abbas, J., Mohammed, F., Al-Saadi, I. y Abbas, A. (2020).

Este estudio se centra en dos objetivos principales. Primero, examinar el impacto de la geomalla (Tensar SS) al reforzar pavimentos flexibles convencionales construidos sobre subrasante débiles. El segundo, confirmar la ubicación más óptima para integrar un sistema de pavimento con geomalla. Para cuantificar la efectividad de una geomalla en una estructura de pavimento flexible, se realizó una

simulación de elementos finitos en 3D utilizando una estructura de pavimento de base, gruesa.

Con el fin de identificar la mejor ubicación para la instalación de geomallas en pavimentos, se implementaron dos ubicaciones de geomallas diferentes. Se aplicó una condición de carga constante mientras se variaban las ubicaciones de las mismas en las estructuras de pavimento propuestas. Este proceso expuso el efecto de la geomalla en el rendimiento del pavimento, como la reducción de la deformación por cizallamiento longitudinal y transversal en las capas no unidas.

Finalmente, este estudio ha identificado dos conclusiones diferentes. Primero, el desempeño del pavimento se puede mejorar implementando una sola capa de geomalla dentro del tercio superior de la capa y segundo, para lograr la estabilidad estructural, la interfaz subrasante-capas base puede requerir una capa de estabilización geo sintético.

Vargas Jiménez, J., Moncayo Theurer, M., Córdova Rizo, J., Maza, C., Barzola Zambrano, I., Velasco Cevallos, G., Salcedo, I., Guzhñay, J., Lucio, S. (2017)

En su trabajo de investigación, En obras viales se requiere que la estructura de pavimento tenga la capacidad de receptor las cargas dinámicas aplicadas y que cumpla con su vida útil, para ello se utilizan varios métodos de diseño que principalmente se basan en dar espesor a las capas que constituyen la estructura de pavimento.

Que las cargas superficiales de tráfico se convierten en esfuerzos en las capas interiores del pavimento y que estos deben de ser asimilados por la estructura. La geomalla es un elemento de última generación, ya que con un entramado de plástico se logra varios beneficios para la estructura de pavimento.

La geomalla genera una frontera que no permite la mezcla de las capas adyacentes de material en un pavimento, aumentando su vida útil, además logra disipar de mejor forma los esfuerzos provocados por las cargas superficiales, repartiendo el mismo en un área mayor y también la geomalla provee de una capacidad de resistencia que se suma a la capacidad del suelo.

Giroud J. P. y Han, J. (2004).

Se busca desarrollar y verificar un método de diseño mejorado, teniendo en cuenta métodos anteriores donde no se consideraron factores importantes como: las propiedades de los materiales de la capa granular y el refuerzo debido a que había muy pocos datos de investigación y de campo. Sin embargo, la nueva información existente sobre el uso de geomallas en la aplicación para mejorar una subrasante ha permitido a los doctores Giroud y Han desarrollen este nuevo método.

En él, se han incorporado parámetros como: la distribución de esfuerzos, la resistencia del material de la capa base, el entrelazamiento entre el material geo sintético y el material de la capa base, y la rigidez geo sintético. Esto, conjuntamente con todos los parámetros adicionales considerados en los métodos anteriores: volumen de tráfico, cargas de las ruedas, presión de las llantas, resistencia de la subrasante, profundidad del surco y el modo de falla general del camino. En consecuencia, este “método mejorado permite a los diseñadores introducir parámetros más precisos para predecir mejor su comportamiento” (Giroud y Han, 2004, p. 5).

El fundamento del método Giroud-Han, al igual que los métodos clásicos de diseño de carreteras reforzadas, se basa en un modelo teórico. Sin embargo, el “modelo ha sido calibrado utilizando los resultados de un programa de investigación específicamente el desarrollado por Gabr en 2001, realizado en North Carolina State University” (Giroud y Han, 2004, p. 5). Después de la calibración, se comprobó el método utilizando los resultados de otras investigaciones. Finalmente, Giroud y Han (2004), concluyeron que este nuevo método introduce parámetros nuevos en el diseño y produce predicciones precisas del desempeño en campo de las geomallas. Esto se presenta en todos los casos en donde las propiedades como: tipo de geomalla, módulo de estabilidad de la apertura, forma de las costillas, espesor de las costillas, tamaño de las aberturas y eficiencia de las uniones tengan valores similares a las utilizadas en la calibración y validación del modelo. Sin embargo, cuando se utilicen geomallas cuyas propiedades tengan valores que están fuera de los límites de calibración, es necesario tener cautela con los resultados obtenidos.

2.2.2 Antecedentes nacionales

Orejón, E. (2018)

Menciona que, de acuerdo a las recomendaciones establecidas por el MTC (2014) en la sección suelos y pavimentos para CBR con valor de 2.6% se requiere realizar remplazo de material de 40 cm. Los suelos con estas características físicas y mecánicas son considerados como suelos inapropiados e inestables de bajo valor de soporte. Sin embargo, mediante el uso de las geomallas biaxiales de tipo MacGrid EGB 20 y MacGrid EGB 30 para CBR igual al 2.6 %, no se requiere de ningún tipo de mejoramiento debido al aporte estructural de la geomalla.

Espinoza Pocomucha, Jhonny Bryan (2021)

La presente investigación tubo como apoyo diversas fuentes científicas como tesis, revistas indexadas y artículos científicos que permitieron analizar las principales diferencias del pavimento flexible con y sin geomalla multiaxial, la metodología utilizada fue de recolección de datos, el análisis comparativo tomando las normas técnicas peruanas vigentes de Ministerio de Transportes y comunicaciones bajo las normas AASTHO 93, que permitió realizar el cálculo del ESAL, el diseño del pavimento y la vida útil del mismo, se contó también con el software TENSAR para el diseño de pavimento con y sin geomalla multiaxial y el software PLAXIS que sirvió para hallar las deformaciones y desplazamientos del mismo, la metodología ASTM D- 1883 se basó en el análisis de suelo que sirvió para hallar el CBR de la subrasante, junto con el análisis granulométrico y la identificación del tipo de terreno que se tiene, llegando a la conclusión de que la implementación de la geomalla multiaxial reduce los espesores de la carpeta asfáltica un 33.33% así como de capa de base y subbase, aumenta el número estructural de diseño, reduce las deformaciones y desplazamientos del pavimento.

Díaz Chuquimango, W. (2017)

En su tesis titulada “Influencia de la geomalla en el diseño del pavimento flexible en la Vía de Evitamiento Norte – Cajamarca, 2017”, se planteó como objetivo general determinar la influencia de la geomalla en el diseño del pavimento flexible en la Vía de Evitamiento Norte de la ciudad de Cajamarca. El autor de esta investigación optó por una metodología del tipo aplicada en donde realizó la comparación entre tres alternativas de diseño, los cuales fueron: diseño de

pavimento flexible convencional según AASHTO, diseño de pavimento flexible reforzado con geomalla Tenax Ibo 202 y diseño de del pavimento flexible reforzado con geomalla Tenax Ibo 302.

Realizado los diseños para cada alternativa, el autor tuvo como resultado de la comparación entre los pavimentos reforzados con las geomallas Tenax Lbo 202 y Tenax Lbo 302 y obtuvo lo siguiente: para la base granular, se alcanzó una reducción de 7.50 cm en ambos casos. Para la sub base granular la geomalla Ibo 202, se generó una reducción de 11.00 cm en cambio, la geomalla Ibo 302 generó una reducción de 13.00 cm. Por otra parte, también se realizó la comparación económica en donde obtuvo como resultado que el costo del pavimento flexible convencional reforzado con las geomallas Tenax Lbo 202 y Tenax Lbo 302 genera un ahorro de S/ 32.73 y S/ 37.86 por m² respectivamente. Finalmente, el autor concluyó que el uso de la geomalla Tenax Ibo 302 genera mayor beneficio debido a que técnicamente reduce la base granular en un 32,6 %, la sub base granular en 32.1% y en consecuencia económicamente reduce el costo en un 18,23% por m². El aporte de esta investigación será de gran utilidad debido a que el autor en sus conclusiones determinó económicamente los beneficios de la geomalla.

Aguirre Zúñiga, C. y Flórez Rojas, J. (2016)

En su tesis titulada “Análisis de reducción de costos en obras viales mediante optimizaciones de ingeniería en los diseños de pavimentos flexibles: caso de estudio, obra mejoramiento de la carretera CU-110 “Huarcocondo–Pachar”, ubicado en los distritos de Huarcocondo y Ollantaytambo, provincias de Anta y Urubamba, región Cusco”, plantearon como objetivo analizar el uso de geomallas como refuerzo de bases granulares dentro de la estructura de pavimento flexible. Además, establecen determinar si son una alternativa para la reducción de costos en comparación a un diseño de pavimento flexible convencional.

La metodología de esta investigación por su finalidad fue de tipo aplicativo donde, para su recolección de datos, hizo uso del método AASHTO para calcular los espesores de un pavimento convencional y de otro reforzado con Geomalla Biaxial. En los resultados de la investigación se destaca que la reducción de espesores empleando Geomalla Biaxial varía desde 5% hasta un 45%. Finalmente, los autores llegaron a la conclusión que la aplicación de la geomalla para bases y sub base

granulares en el pavimento flexible genera un 3.30% de reducción en el costo de la construcción del proyecto en estudio. El aporte de la investigación realizada por estos autores será importante ya que presentan punto de vista global y la influencia que genera en un proyecto real.

Núñez, A. (2016)

De la Universidad Nacional del Altiplano, realizó una investigación cuyo título es: “OPTIMIZACIÓN DE ESPESORES DE PAVIMENTOS CON APLICACIÓN DE GEOSINTÉTICOS”; llegando al siguiente resumen:

- a) El presente trabajo consiste en el análisis del uso de geo sintético como refuerzo de subbase granular dentro de una estructura de pavimento flexible, esto es un método moderno.
- b) Este método se está utilizando a nivel mundial para optimizar espesores de pavimento, prolongando la vida útil del pavimento, vías de comunicación más económicas, eficientes y duraderas; para nuestro caso se aplicó en forma teórica al expediente de una vía que tiene materiales óptimos para la construcción de las capas.
- c) Hay que tener en cuenta que la aplicación de geomalla en nuestro país está restringida por falta de normativa. Pero, existen estudios en diferentes países, donde se muestran modelos a escala real que sirven de punto de partida para elaborar diseños aptos para nuestro país.

2.2.3 Artículos relacionados con el tema

Gavilanes (2012)

Las carreteras están sometidas a importantes cargas dinámicas debido a la circulación de los vehículos, cargas que provocan la aparición de grietas que, junto con el agua, aceleran el proceso de deterioro de la estructura del pavimento flexible (p. 34).

Minaya y Ordoñez (2016)

Para intentar retrasar este fenómeno, se han empleado carpetas de rodadura con espesores mayores, lo cual representa una solución antieconómica y poco práctica, ya que la transmisión de esfuerzos cortantes entre ambas capas es mínima, debido principalmente a la discontinuidad entre estas, lo que en

algunos casos puede provocar deslizamientos entre la capa superior e inferior (p. 32).

Padilla (2015)

El deterioro en el pavimento se produce, entre otras razones debido a la aplicación reiterada de las cargas de tráfico, llamado efecto dinámico, este proceso puede originar una falla estructural del pavimento deteriorándolo de manera acelerada. Las cargas ambientales son inducidas por las condiciones climáticas, como las variaciones en la temperatura o la humedad en la subrasante, que también pueden causar deterioros estructurales (p. 78).

Orrego (2014):

La tecnología en los últimos años ha sido y seguirá siendo la solución de problemas que, a medida que pasan los años, la ingeniería va encontrando en sus distintas ramas, ya sea en edificaciones, saneamiento o infraestructura vial. El uso de estas tecnologías se da comúnmente cuando se precisa optimizar costos y tiempo al momento de ejecutar los proyectos o en otros casos para soluciones técnicas (p. 46).

Tingal (2013)

En la infraestructura vial una de estas nuevas tecnologías es el uso de geosintéticos los cuales comenzaron a aparecer en Europa a mediados de los años 1950, como una alternativa para aplicaciones de drenaje y evitar la erosión, posteriormente comenzó a emplearse en América Latina como una solución para pavimentos, para cumplir la función de separación y refuerzo (p. 87).

Minaya y Ordoñez (2016):

Hoy en día para mantener las vías de comunicación en condiciones óptimas, es necesario contar con un buen diseño y realizar una buena construcción de la estructura de un pavimento flexible, (la base y subbase); que nos brinde dar seguridad, comodidad y disminuir los costos de operación. Sin embargo, la mayoría de empresas constructoras de pavimentos, cuentan con una guía de proceso constructivo para las capas de base y subbase que está fundamentada en los resultados del experimento vial de la AASHTO 93 (p. 49).

Padilla (2015)

En el Perú, en la actualidad las metodologías para el análisis y diseño de la estructura de pavimentos flexibles son de carácter empírico y empírico-mecanicista. Los métodos empíricos no incorporan directamente en el diseño el comportamiento de los materiales bajo condiciones de pruebas representativas, valiéndose únicamente de las propiedades físicas de los materiales y de un índice de resistencia llamado Valor Relativo de Soporte, VRS (también denominado CBR por sus siglas en inglés, California Bearing Ratio) (p. 86).

Rico Rodríguez y Téllez Gutiérrez (1998).

En cambio, los métodos empírico-mecanicistas ya consideran leyes de fatiga de los materiales en los cálculos de vida útil y manejan el concepto de Modulo de Resiliencia, pero solo como parámetro de cálculo que se correlaciona con el CBR y no como una propiedad fundamental del material (p. 75).

Minaya y Ordoñez (2016).

Sin embargo, existen los métodos mecanicistas o racionales, los cuales tienen en cuenta como el estado de Esfuerzo – Deformación (Modulo de Resiliencia) que experimentan las capas que conforman la estructura del pavimento, influyen en el comportamiento del mismo, además esta metodología estudia las propiedades de los materiales, tipo de tránsito volumen y condiciones ambientales que estará sometida el pavimento siendo este método de diseño el más apegados al comportamiento real de las estructuras de pavimento (p. 78).

Rico Rodríguez y Téllez Gutiérrez (1998).

Debido al elevado costo de asfalto y agregados, además del aumento de la presión del medio ambiente en la construcción y mantenimiento de vías, se ha generado que en otros países del mundo tanto agencias gubernamentales como los constructores investiguen en el uso de nuevas técnicas para el diseño de estructuras de pavimentos, siendo una de las tantas investigaciones el Refuerzo con Geomallas (p. 45).

Minaya y Ordoñez (2016).

Los Refuerzos con Geomallas en la estructura del pavimento son vistos como una solución particularmente prometedora, ya que pueden ser diseñados para proporcionar una vida útil equivalente con menos material de pavimento. Esta

reducción en el espesor del pavimento conduce a la reducción de la construcción de infraestructura y los costos de mantenimiento (p. 82).

2.3 Estructuras teóricas y científicas que sustentan el estudio

En nuestro país, los proyectos viales están normados y regidos mediante el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del Perú. Por ello, en el presente estudio toma como base teórica dicha normativa, más específicamente los siguientes capítulos y sus secciones designadas:

- Capítulo III – Componentes de la infraestructura del camino
- Capítulo IV – Suelos
- Capítulo IX – Estabilización de suelos
- Capítulo XII – Pavimentos Flexibles

En el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, en el Capítulo III, Sección 3.3 Subrasante del camino nos explica, dentro de su contexto, las características con las que debe contar el terreno natural para ser considerado como subrasante. Además, nos brinda una explicación breve y concisa sobre ella:

La subrasante o terreno natural es la superficie sobre la cual se apoya el proyecto vial, el cual puede ser de tipo pavimento o afirmado, a este suelo de fundación se le define como subrasante después de acabados los movimientos de tierra necesarios para su nivelación especificada en el expediente técnico del proyecto, es decir, el corte y relleno necesario en las cotas donde indiquen los planos.

Los suelos considerados 30 centímetros por debajo del nivel de subrasante, deben tener una compactación hasta del 95% de la máxima densidad seca obtenida en los ensayos de laboratorio.

Asimismo, la norma considera que la subrasante debe tener valores adecuados y estables como un $\text{CBR} \geq 6\%$; en caso los ensayos tengan resultados menores a los descritos. Es decir, un $\text{CBR} < 6\%$ se describe como una subrasante pobre o inadecuada, la cual tendrá que ser estabilizada según recomendación del ingeniero responsable. El tipo de estabilización para subrasantes pueden ser:

- Estabilización Mecánica
- Estabilización Química

- Estabilización con Geo sintéticos
- Reemplazo de suelo de cimentación
- Elevación de la Rasante
- Cambiar el trazo vial

Debiendo ser elegida entre estas la más económica y técnicamente adecuada para el proyecto en cuestión.

Seguidamente la sección 3.4 afirmado, dice lo siguiente:

Los proyectos viales pueden tener como base de rodadura una capa de afirmado, la cual se describe como material granular compactado, previamente procesado, con una gradación especificada en el expediente técnico. Esta está diseñada para soportar las cargas transitorias de los vehículos que están proyectados a pasar por dicha vía y transmitir los esfuerzos del tránsito a la subrasante.

El material destinado para la capa de afirmado debe estar compuesta por material granular y fino, de tal manera que la cantidad de material granular se mantenga unida por las partículas de material fino cohesivo. Este tipo de carpeta de rodadura es destinada para carreteras de bajo volumen de tránsito.

Prosiguiendo con lo estipulado en el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, en el Capítulo III, Sección 3.5 Pavimentos; los pavimentos son estructuras compuestas por capas constituidas a partir de la subrasante hasta la carpeta de rodadura, diseñadas para soportar y distribuir los esfuerzos originados por las cargas vehiculares. Además, cumplen la función de mejorar la comodidad de los vehículos que transitan sobre ella y la seguridad de las señalizaciones verticales y horizontales que estas ofrecen.

Las partes del pavimento por lo general son las siguientes:

- **Carpeta de Rodadura:** Se considera esta parte de la estructura del pavimento a la parte superior del pavimento, puede ser flexible compuesto principalmente por asfalto o rígido compuesto principalmente por concreto de cemento portland o de adoquines de ladrillo. La función principal de esta capa es transmitir las cargas vehiculares a las capas inferiores.
- **Base:** Esta capa es la que continua después de la carpeta de rodadura que seleccionen en el diseño. Está compuesta en su mayor porcentaje de material

granular, cuyas propiedades deben ser estables y favorables con un $CBR \geq 80\%$, de lo contrario debe ser mejorado con cal, cemento o asfalto.

La función principal de esta capa es la de transmitir, distribuir y actuar de sostén para las cargas vehiculares, para las cuales son diseñadas en primera instancia.

- **Subbase:** Esta capa se encuentra ubicada entre la subrasante de suelo natural o mejorado o cambiado y la base de la estructura del pavimento. Para el caso de pavimentos rígidos, la sub base es la capa de sub rasante mejorada, cuenta con una granulometría y espesores diseñados previamente por el ingeniero proyectista. Está compuesta principalmente de material mejorado, cuyas propiedades deben ser favorables y estables para cumplir con los requerimientos de su función de diseño. Su principal característica es contar con un $CBR \geq 40\%$, además, debe actuar como soporte y sostén de la capa de base y carpeta de rodadura del pavimento. También debe tener propiedades drenantes, debido a que funciona como controlador de capilaridad del agua. En algunos casos, esta capa puede obviarse debido al diseño que plantee el proyectista, siempre y cuando no afecte su comportamiento y cumpla con sus requerimientos mínimos solicitados.

Pavimentos Flexibles

El pavimento flexible es descrito como una plataforma estructurada por capas granulares desde la subrasante hasta la carpeta de rodadura, estas son la base y subbase. La carpeta de rodadura sobre la cual transitarán los vehículos para los cuales es diseñada dicha estructura vial, tiene como materiales componentes bituminosos como aglomerantes, agregados y aditivos.

Existen dentro de los pavimentos flexibles distintos tipos de carpetas de rodadura como son:

- Mortero Asfáltico.
- Micro Pavimentos.
- Tratamiento Superficial Bicapa.
- Mezclas Asfálticas en Frio.

- Mezclas Asfálticas en Caliente.
- Macadam Asfáltico.

Pavimentos Semirrígidos

Según el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, el pavimento semirrígido es una estructura compuesta por capas asfálticas, principalmente capas de material bituminoso. Es decir, una carpeta de rodadura compuesta por una capa asfáltica en caliente construida en su totalidad sobre una base reforzada con un tratamiento asfáltico.

También cumplen con la descripción anterior las opciones técnicas para el reforzamiento de la base de un pavimento semirrígido, el tratamiento con cemento o con cal.

Además, los pavimentos adoquinados están incluidos en el Manual de Carreteras del MTC como pavimentos semirrígidos.

Pavimentos Rígidos

La construcción de pavimento rígido es principalmente constituida por tres partes; una parte que se puede considerar una sub base, que es una capa de sub rasante mejorada y esta puede ser de material granular natural o material reforzado con tratamientos que incluyen cemento, asfalto o cal. La otra capa es la base propiamente dicha, la cual tiene una granulometría específica detallada previamente en el expediente técnico del proyecto y una carpeta de rodadura constituida por una losa de concreto de cemento hidráulico como capa por donde transitarán los vehículos para los cuales el proyecto ha sido diseñado. Dicha losa tiene proporciones, características y granulometría de sus agregados descritos en las especificaciones técnicas. Además, de ser necesario llevará entre sus componentes aditivos impermeabilizantes o algún otro tipo de aditivo necesario para mejorar su comportamiento, extendiendo así su vida útil y mejorando sus capacidades para soportar los esfuerzos a los que será sometido.

2.3.1 Suelos.

El Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, en el Capítulo IV, Sección 4.2 Caracterización de la subrasante. Dentro de su contexto nos brinda los lineamientos mínimos a conocer para obtener una subrasante adecuada para el proyecto vial que se vaya a ejecutar:

Debido a la necesidad constante de analizar las propiedades físico-mecánicas del suelo de fundación que se usara como subrasante, se presenta como uno de los principales objetivos la caracterización de la subrasante. Mediante una exploración muestral que se lleva a cabo con pozos exploratorios o calicatas de mínimo 1.50 metros de profundidad, se puede presentar la siguiente ilustración que nos detalla según el Manual de Carreteras del MTC el número de calicatas mínimo por kilómetro para realizar un estudio que cumpla con la extracción de una muestra representativa del suelo de subrasante. Estas exploraciones se realizarán alternadamente en la sección donde se desarrollará el proyecto vial según la distancia máxima que indique en la Tabla 2.

Tabla 2: Número de Calicatas para Exploración de Suelos

Número de Calicatas para Explotación de Suelos			
Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Numero mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o mas carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido. • Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido. • Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido. 	Las calicatas se ubicaran longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o mas carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido. • Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido. • Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido. 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • 4 calicatas x km 	Las calicatas se ubicaran longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • 3 calicatas x km 	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • 2 calicatas x km 	
Carreteras de Bajo Volumen de Transito: carreteras con un IMDA ≤200 veh/día, de una calzada.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • 1 calicata x km 	

Nota: En Manual de Carreteras, Suelos, Geología Geotecnia y Pavimentos, MTC, 2014, p. 26 ([https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUAL DE CARRETERAS 2019/MC-05-14 Seccion Suelos y Pavimentos Manual de Carreteras OK.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUAL_DE_CARRETERAS_2019/MC-05-14_Seccion_Suelos_y_Pavimentos_Manual_de_Carreteras_OK.pdf))

Según el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014), las muestras representativas que serán extraídas producto de la exploración de pozos o calicatas. Estas deben ser descritas y diferenciadas mediante una organización bien estructurada de parte de la empresa o persona natural encargada del muestreo del terreno de fundación donde se plantea la construcción del proyecto vial. Además, deben estar diferenciadas mediante tarjetas, las cuales deben tener como datos principales las coordenadas UTM – WGS84 donde se realizó la extracción muestral, el número de muestra y la profundidad de exploración.

Dichas muestras se trasladarán al laboratorio para la realización de pruebas y ensayos, como objetivo de conseguir los valores de CBR y Módulos de Resiliencia (Mr.). De no contarse con el equipo para el cálculo del Módulo Resiliente (Mr.), se usarán ecuaciones y/o gráficos para correlacionar el CBR con el Módulo Resiliente, el número de ensayos depende del tipo de carretera como se podrá observar en la Tabla 3.

Tabla 3: Número de Ensayos de Módulo Resiliente y CBR

Número de Ensayos Mr y CBR	
Tipo de Carretera	Numero minimo de Calicatas
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o mas carriles.	<ul style="list-style-type: none"> ● Calzada 2 carriles por sentido: 1Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido. ● Calzada 3 carriles por sentido: 1Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido. ● Calzada 4 carriles por sentido: 1Mr cada 1 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido.
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o mas carriles.	<ul style="list-style-type: none"> ● Calzada 2 carriles por sentido: 1Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido. ● Calzada 3 carriles por sentido: 1Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido. ● Calzada 4 carriles por sentido: 1Mr cada 1 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido.
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> ● Cada 1 km se realizara un CBR
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> ● Cada 1.5 km se realizara un CBR
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> ● Cada 2 km se realizara un CBR
Carreteras de Bajo Volumen de Transito: carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> ● Cada 3 km se realizara un CBR

Nota: En Manual de Carreteras, Suelos, Geología Geotecnia y Pavimentos, MTC, 2014, p. 28 (https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES DE CARRETERAS 2019/MC-05-14 Seccion Suelos y Pavimentos Manual de Carreteras OK.pdf)

En lo concerniente a la descripción de suelos, el Manual de Carreteras del MTC en la sección 4.3, en su contexto nos puede dar a entender lo siguiente después de haber realizado la exploración del terreno:

Producto de la exploración y los ensayos realizados en la muestra representativa extraída del terreno natural del proyecto vial, se prosigue a la clasificación de dichos suelos mediante las clasificaciones estipuladas en el Manual de Carreteras del MTC como son la Clasificación de suelos AASHTO y SUCS. Se adjuntan las ilustraciones representativas de cada tipo de clasificación:

Figura 2: Clasificación AASHTO

Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación AASHTO			
Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A-1-a		A-5
	A-1-b		A-6
	A-3		A-7-5
	A-2-4		A-7-6
	A-2-5		MATERIA ORGANICA
	A-2-6		ROCA SANA
	A-2-7		ROCA DESINTEGRADA
	A-4		

Fuente: Simbología AASHTO

Nota: En Manual de Carreteras, Suelos, Geología Geotecnia y Pavimentos, MTC, 2014, p. 29 (https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES DE CARRETERAS 2019/MC-05-14 Seccion Suelos y Pavimentos Manual de Carreteras OK.pdf)

Figura 3: Clasificación SUCS

Signos Convencionales para Perfil de Calicatas - Clasificación SUCS

GW	Gravas bien graduadas, mezcla de arena con un poco o nada de material fino en tamaños granulares.	SM	Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy baja.
GP	Gravas mal graduadas, mezcla de arena y grava con poco o nada de material fino.	SC	Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla.
GM	Gravas limosas, mezclas de grava y arena limosa.	ML	Limos orgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arena y limos o arcillas, limos arcillosos con ligera plasticidad.
GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava-arena-arcilla, grava con material fino, cantidad apreciable de material fino.	CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja o mediana, arcilla grasosa, arcillas arenosas, arenas limosas, arcillas negras.
SW	Arena bien graduada, arenas con grava, poco o nada de materia fina. Arenas limosas con una amplia variación de granulometría.	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas, baja plasticidad.
SP	Arena mal graduada con grava y poco o nada de materia fina, un tamaño predominante a una serie de tamaños sin partículas medias.	MH	Limo inorgánico, suelos finos granosos o limosos, limos elásticos.

CH	Arcillas inorgánicas de elevada plasticidad, arcillas grasosas.
OH	Arcillas orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limos orgánicos.
Pt	Turba, suelos considerablemente orgánicos.

Nota: En Manual de Carreteras, Suelos, Geología Geotecnia y Pavimentos, MTC, 2014, p. 30 ([https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUAL DE CARRETERAS 2019/MC-05-14 Seccion Suelos y Pavimentos Manual de Carreteras OK.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUAL_DE_CARRETERAS_2019/MC-05-14_Seccion_Suelos_y_Pavimentos_Manual_de_Carreteras_OK.pdf))

Las propiedades adicionales para una adecuada descripción de suelos son:

- a) **Granulometría:** Se denomina granulometría a la medición de tamaños de las partículas de una muestra representativa de suelo. Es decir, representa la distribución de material retenido entre las mallas de los tamices. Este ensayo está regularizado mediante las especificaciones técnicas estipuladas en el Ensayo MTC EM 107. Con este ensayo se pueden estimar los valores de las propiedades que puedan interesar.

Gracias a este ejercicio, se puede clasificar los suelos según el tamaño de sus partículas en suelo tipo grava, arena, limo o arcilla. En la Tabla 4, se puede apreciar esto con mayor detalle.

Tabla 4: Clasificación según tamaño de partículas

Clasificación de suelos según Tamaño de partículas		
Tipo de Material	Tamaño de las partículas	
Grava	75 mm - 4.75 mm	
Arena	Arena gruesa: 4.75 mm - 2.00 mm	
	Arena media: 2.00mm - 0.425mm	
	Arena fina: 0.425 mm - 0.075 mm	
Material Fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Nota: En Manual de Carreteras, Suelos, Geología Geotecnia y Pavimentos, MTC, 2014, p. 31 (https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES DE CARRETERAS 2019/MC-05-14 Seccion Suelos y Pavimentos Manual de Carreteras OK.pdf)

b) La Plasticidad: Debido a que el presente estudio abarca principalmente los estudios necesarios para caracterizar los suelos cohesivos. La plasticidad es una de las propiedades más importantes para obtener la estabilidad de estos suelos debido a que esta característica representa el límite de humedad sin disgregarse que el suelo en cuestión puede tener. Esto depende no del material granular del suelo, en cambio, principalmente de la cantidad de material fino presente en la muestra. Debido a lo expuesto, esta característica es muy importante para los estudios en general y ya que el análisis granulométrico no permite determinar este tipo de característica, se reafirma la importancia de realizar los ensayos necesarios para determinar los límites de Atterberg.

Los límites de Atterberg establecen el comportamiento de un suelo en relación con el contenido de agua (contenido de humedad) presente dentro del mismo. Es decir, se basa en el concepto que el suelo fino puede atravesar cuatro estados dependiendo como vaya aumentando su contenido de humedad. Cuando el suelo no presenta contenido de humedad está en estado sólido, al agregarse poco a poco agua a la muestra, va atravesando los demás estados siguientes, entre ellos, el estado semisólido, plástico y finalmente líquido. Por consiguiente, los puntos de transición de cada uno son denominados Límites de Atterberg.

Para efectos del presente estudio, tomando en cuenta lo estipulado en el Manual de Carreteras del MTC, los límites de Atterberg que se estudiarán serán:

- Limite Liquido
- Limite Plástico
- Límite de Contracción

Límite Líquido (LL), cuando el suelo pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse. Para la determinación de este límite se usará la Cuchara de Casagrande mediante un procedimiento normalizado en el cual el suelo, después de haber sido moldeado, se deposita en dicho recipiente y seguidamente se procede a hacer un surco en medio de aproximadamente media pulgada. Luego, se procede a hacer girar la manivela a modo que la cuchara Casagrande golpee la base de la maquina consecutivamente hasta lograr que esta abertura se cierre.

Límite Plástico (LP), cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado plástico y se rompe. Esta propiedad no es permanente en los suelos cohesivos, sino depende de su contenido de humedad. Un ejemplo claro que dio a conocer Albert Atterberg es que una arcilla seca puede tener la consistencia de un ladrillo, pero tener una plasticidad nula, además de comportarse como un lodo semilíquido al haberse aumentado su contenido de humedad. Para la determinación de este límite es necesario aumentar su contenido de humedad hasta lograr formar un cilindro de 3 milímetros de diámetro con dicho material, formándolo al hacer rodar una muestra de suelo húmedo con los dedos y una superficie lisa.

Límite de Contracción (retracción), cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y deja de contraerse al perder humedad. Es decir, al perder humedad, la muestra de suelo no cambia su volumen.

Según el Manual de Carreteras del MTC, una característica importante a obtener es el Índice de plasticidad IP. Este se calcula después de haber identificado los valores de Limite Liquido y Limite Plástico debido a que se define como la diferencia entre ambos valores. Para objetos visuales se pondrá la siguiente fórmula:

Cálculo de Índice de Plasticidad

$$IP = LL - LP$$

El índice de plasticidad describe en escala numérica el intervalo de humedad existente que posee un suelo en específico dentro del cual posee una consistencia plástica. El índice de plasticidad permite clasificar los suelos cohesivos de la siguiente manera. Un suelo estudiado y luego de haberse obtenido sus límites de Atterberg con un IP de gran magnitud corresponde a un suelo muy arcilloso. Por el contrario, un suelo con un IP de pequeña magnitud, pertenece a un suelo poco arcilloso. Debido a que en la fórmula N° 1 se puede observar que el cálculo para la obtención del Índice Plástico es una resta, se tiene las siguientes aclaraciones:

- Cuando el Limite Liquido o el Limite Plástico no puedan ser obtenidos de manera satisfactoria, se procederá a indicar como Índice Plástico la nomenclatura de NP: es decir, no plástico.
- De igual manera, cuando el Limite Plástico resulte igual o mayor que el Limite Liquido, el Índice Plástico tomara de igual manera la nomenclatura de NP. por los motivos expuestos y en correlación con el Manual de Carreteras del MTC. La relación del Índice de Plasticidad puede clasificar los suelos cohesivos como se podrá observar en la Tabla 5:

Tabla 5: Clasificación de suelos según índice de plasticidad

Clasificación de Suelos según Índice de Plasticidad		
Índice de Plasticidad	Plasticidad	Características
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	Suelos arcillosos
IP < 7	Baja	Suelos poco arcillosos
IP = 0	No Plastico (NP)	Suelos extensos de arcilla

Nota: En Manual de Carreteras, Suelos, Geología Geotecnia y Pavimentos, MTC, 2014, p. 32 (https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES DE CARRETERAS 2019/MC-05-14 Seccion Suelos y Pavimentos Manual de Carreteras OK.pdf)

- c) **Humedad Natural:** Continuando con las características principales para obtener una adecuada descripción de los suelos, podemos hablar de la humedad natural. Esta es fundamental para determinar la resistencia de los suelos a utilizar como subrasante de un proyecto vial. Para el caso del presente estudio, es de vital importancia para los suelos subrasantes de tipo cohesivos.

La humedad natural es la relación entre los valores del peso del agua incluida dentro de una muestra de suelo y el peso de los sólidos que lo componen dentro de un volumen determinado de suelo muestral. Esto permite determinar la humedad óptima que deberá tener el suelo para presentar las mejores características de resistencia.

Después de haber determinado la humedad natural del suelo, se podrá comparar dicho valor con la humedad óptima luego de haber realizado el ensayo Proctor o Proctor modificado. De esta manera y con estos valores, poder obtener el CBR del suelo en estudio. Continuando con los proyectos viales, al momento después de haber obtenido la humedad óptima, se compara con la humedad natural para evaluar qué acciones tomar. Si el contenido de humedad natural es menor que la humedad óptima, se procederá a compactar dicho suelo y agregar agua a manera de aumentar dicho valor de humedad hasta llegar a la humedad óptima. Por otro lado, si la humedad natural resulta ser mayor, se evaluará la opción de mayor compactación para lograr una mayor energía de esta. También se deberá airear el suelo o, en su defecto, se optará por reemplazar el material de subrasante por uno con mejores características.

- d) **Clasificación de los suelos:** El Manual de Carreteras del MTC, utiliza los métodos SUCS y AASHTO para la clasificación de los suelos, esto después de conocer ciertas características de los suelos como la granulometría y límites de Atterberg.

Estos tipos de clasificación permiten predecir el comportamiento de los suelos, gracias a estándares previstos en cada uno de ellos. Además, estos limitaran los sectores del suelo natural del proyecto vial desde el punto de vista geotécnico. Luego de haber realizado la clasificación, se podrá realizar un perfil estratigráfico, buscando sectores homogéneos o separándolo en sectores para una mejor comprensión.

Podemos observar una correlación de los dos sistemas de clasificación, AASHTO y SUCS. Esto se puede apreciar en la Tabla 6 y Tabla 7 respectivamente:

Tabla 6: Correlación de tipos de suelos AASHTO - SUCS

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

Nota: En Manual de Carreteras, Suelos, Geología Geotecnia y Pavimentos, MTC, 2014, p. 33 (https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES DE CARRETERAS 2019/MC-05-14 Seccion Suelos y Pavimentos Manual de Carreteras OK.pdf)

Tabla 7: Clasificación de Suelos – Método AASHTO

Clasificación general Grupo Símbolo	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0.08 mm							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm				
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Análisis granulométrico												
% que pasa por el tamiz de:												
2 mm	máx. 50	máx. 50	mín. 50	máx. 35	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35
0.5 mm	máx. 30	máx. 25	máx. 10									
0.08 mm	máx. 15	máx. 15	máx. 10									
Límites Atterberg												
límite de líquido				máx. 40	mín. 40	máx. 40	mín. 40	máx. 40	máx. 40	máx. 40	mín. 40	mín. 40
índice de plasticidad	máx. 6	máx. 6		máx. 10	máx. 10	mín. 10	mín. 10	máx. 10	máx. 10	mín. 10	mín. 10	mín. 10
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx. 4	máx. 4	máx. 8	máx. 12	máx. 16	máx. 20	máx. 20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como subrasante	De excelente a bueno						De posible a malo					

Fuente: AASHTO M-145

Nota: En Manual de Carreteras, Suelos, Geología Geotecnia y Pavimentos, MTC, 2014, p. 33 (https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES DE CARRETERAS 2019/MC-05-14 Seccion Suelos y Pavimentos Manual de Carreteras OK.pdf)

e) **Ensayos CBR:** Seguidamente de haber realizado una adecuada clasificación de suelos y ubicar los sectores de análisis gracias a un adecuado perfil estratigráfico, se elaborará el plan a seguir para determinar el número de ensayos CBR a realizarse y así determinar las características de diseño óptimas para la subrasante.

Se puede definir el CBR como el valor en relación con el soporte o resistencia de un tipo de suelo en específico. Este corresponde al 95% de la Máxima Densidad Seca y una penetración de 2.54 milímetros.

Según el Manual de Carreteras del MTC, para la obtención adecuada del valor de CBR de diseño del suelo de fundación de un proyecto vial, se debe tener en cuenta lo siguiente. Cuando se tenga 6 o más valores de CBR en un territorio muestral de similares características, el CBR de diseño será el promedio de los valores obtenidos. Por el contrario, cuando se cuente con valores de CBR menores a 6 veces por sectores homogéneos, se deberá analizar si los valores son similares y así poder tomar un promedio de ellos o de lo contrario tomar el valor más crítico, es decir, el menor valor de CBR para asumirlo como CBR de diseño. También se puede optar por subdividir los sectores de modo que se agrupen los valores de CBR similares y poder optar por valores de CBR sectorizados.

Después de haber obtenido el valor de CBR de diseño de la subrasante se podrá clasificar según la siguiente tabla extraída del Manual de Carreteras del MTC:

Tabla 8: Categorías de Sub rasante según CBR

Categorías de Subrasante	
Categorías de Subrasante	CBR
S ₀ : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

Nota: En Manual de Carreteras, Suelos, Geología Geotecnia y Pavimentos, MTC, 2014, p. 35 ([https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES DE CARRETERAS 2019/MC-05-14 Seccion Suelos y Pavimentos Manual de Carreteras OK.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES_DE_CARRETERAS_2019/MC-05-14_Seccion_Suelos_y_Pavimentos_Manual_de_Carreteras_OK.pdf))

Para obtener el Módulo Resiliente a partir del CBR, se empleará la siguiente ecuación que correlaciona el Mr. – CBR:

Módulo Resiliente a partir del CBR

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

f) Ensayo de Modulo Resiliente: Debido a la solicitud de los proyectos viales, en cuanto a las cargas de naturaleza cíclica las cuales actúan como diversas magnitudes al ser cargas dinámicas producidas por el tránsito sobre el mismo, la conceptualización del módulo resiliente es directamente proporcional a un proceso de carga repetitiva. Este ensayo analiza el comportamiento del material conformado como subrasante del pavimento. Además, este parámetro no es constante en un tipo de material, por el contrario, depende de diversos factores como son las condiciones de compactación, la magnitud de esfuerzo desviador y el número de aplicaciones del esfuerzo móvil. Para analizar esta propiedad, se debe tener en cuenta que su concepto principal, el cual indica la medida de la propiedad de elasticidad de los suelos de fundación del proyecto vial, teniendo en cuenta previamente que son características no lineales.

El módulo de resiliencia se usa principalmente para el diseño de pavimentos flexibles. Sin embargo, para utilizarlo en el diseño de pavimentos rígidos se debe convertirse en módulo de reacción de la subrasante (valor K):

Tabla 9: Correlaciones que involucran el CBR

Relación	Referencia
$M_r (ksi) = 1.42\text{CBR}$ (1.2)	Heukelon y Klomp (1962)
Para suelos con CBR menores a 10 $M_r (\text{psi}) = 5409\text{CBR}^{0.71}$ (1.3)	Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos (Green y Hall, 1975)
$M_r (\text{psi}) = 3000\text{CBR}^{0.65}$ (1.4)	South African Council on Scientific and Industrial Research (CSIR)
$\text{CBR} = 0.62s_u (\text{psi})$ (1.5)	Black (1961) y Duncan y Buchignani (1976)
$M_r = 100 - 500s_u$ (1.6)	
$M_r = 500 - 1500s_u$ (1.7)	
$M_r (\text{psi}) = 160 \text{ a } 2420\text{CBR}$ (1.8)	
PI > 30 PI < 30 Donde s_u = resistencia al corte no drenada y PI = índice plástico	
$M_r (\text{psi}) = 2555\text{CBR}^{0.64}$ (1.9)	Powell et al. (1984) y NCHRP (2004) Transport and Road Research Laboratory (TRL) y M-E Pavement Design Guide-Level 2 (USA)
$M_r (\text{psi}) = 3116\text{CBR}^{0.67797}$ (1.10)	Webb y Campbell (1986) Departamento de Transporte de Georgia
$M_r (\text{psi}) = 10^{(0.85 \log(\text{CBR}) + 2.97)}$ (1.11)	Newcomb y Birgisson (1999) Departamento de Transporte de Alabama
$\log M_r (ksi) = 1.0016 + 0.043(\text{CBR}) - 1.9557 \left(\frac{\log \sigma_d}{\text{CBR}} \right) - 0.1705 \log \sigma_d$ (1.12)	Lofri (1984) y Lofri et al (1988)

Nota: Guía AASHTO En: Modelo para estimar el módulo de resiliencia de suelos finos compactados en la condición óptima de compactación por Pérez, N., Garnica, P., González, J., Curiel, N. y Ruiz, M., p. 14.

<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt475.pdf>

2.3.2 Estabilización de Suelos.

El manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC en el capítulo nueve (IX), nos menciona los conceptos de la Estabilización de Suelos en terrenos naturales con fines de utilización como suelo subrasante en proyectos viales. Conceptualmente, la Estabilización de Suelos es el procedimiento que mejora las propiedades físicas del terreno de fundación mediante diversos métodos, los cuales utilizan procedimientos mecánicos; en otros casos se utilizan productos químicos, los cuales al ser agregados al suelo alteran sus propiedades, también pueden aplicarse métodos que utilizan materiales naturales o sintéticos.

Los métodos para el mejoramiento de terreno natural para mejorar las propiedades que estos presentan al ser inadecuadas o pobres para su utilización. Al mejorar las propiedades de suelos granulares que se utilizaran como base o subbase, estas reciben el nombre de subbase o base granular tratada respectivamente. Además, para la mejora de los distintos tipos de suelo ya sean granulares, cohesivos o de propiedades mixtas, se agregan distintos tipos de materiales como cemento, cal, asfalto u otros productos de diversa procedencia. Otros métodos para la estabilización de suelos son el cambio de suelo de fundación, la incorporación de uno o más agentes estabilizantes.

La estabilización de suelos tiene por finalidad aumentar la resistencia mecánica y hacerlo de manera permanente sin influencia con el paso del tiempo. Las variadas técnicas para la mejora del suelo siempre van acompañadas de un proceso de compactación.

Cada método de estabilización de suelos debe ser analizado previamente para seleccionar la alternativa más económica, simple y a realizarse con el equipamiento disponible para garantizar una adecuada construcción y buena conservación de proyectos viales. Los métodos de estabilización señaladas en el Manual de Carreteras del MTC (2014) son los siguientes:

- Mejoramiento por Sustitución de Suelos de la Subrasante.
- Estabilización Mecánica de Suelos.
- Mejoramiento por Combinación de Suelos.
- Suelos Estabilizados con Cal.
- Suelos Estabilizados con Cemento.

- Suelos Estabilizados con Escorias.
- Suelos Estabilizados con Emulsión Asfáltica.
- Estabilización Química del Suelo.
- Estabilización con Geo sintéticos.

Los suelos naturales destinados para ser utilizados como subrasante de proyectos viales deben tener como mínimo un CBR mayor al 6%. En caso de contarse con una subrasante pobre o inadecuada debe estudiarse el mejor método para la mejora del terreno. Además, se pueden optar por otros métodos de mejora como son pedraplenes, elevar la rasante, capas de arena o cambiar el trazo vial si las alternativas analizadas resultan ser demasiado costosas y de ejecución compleja.

Si se presentan suelos blandos que amenacen con penetrar las capas granulares del pavimento, se debe proyectar una capa de protección anticontaminante de 10 centímetros o la colocación de un geotextil para mermar dicha amenaza.

Si hay presencia de nivel freático como resultado de los estudios de suelos en la sección de la estratigrafía, esta debe estar a una distancia mínima. Esto depende del tipo de subrasante presente en el terreno, al tenerse una subrasante con características extraordinarias o muy buenas será de 60 centímetros como mínimo, 80 centímetros si se trata de una subrasante buena, 100 centímetros cuando se cuente con una subrasante de propiedades pobres y, por último, 120 centímetros como mínimo cuando se tenga una subrasante inadecuada para el proyecto vial.

2.3.3 Estabilización con Geo sintéticos

Para establecer el mejor método al momento de estabilizar suelos se debe analizar y determinar de primera mano el tipo de suelo existente. Debido a los fines de estudio, los suelos de la presente investigación son de tipo limos, arcillas o arenas con presencia de finos. Además, se deben analizar los costos comparativos entre métodos, la disponibilidad de equipo adecuado para ejecutar el método elegido, la disponibilidad del tipo de aditivo estabilizador y la experiencia con la que se cuenta con el tipo de estabilización seleccionado.

Para efectos de la investigación nos centraremos en el Método de Estabilización con Geo sintéticos, para lo cual el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC explica que los geo sintéticos proporcionan una mayor

resistencia a la tracción y una mejora en el rendimiento y construcción de pavimentos. Los geo sintéticos son agentes destinados dependiendo la función que se desea satisfacer inicialmente como son:

- Los Geotextiles cumplen la función de anticontaminante y drenante.
- Las Geomallas biaxiales cumplen la función específica de refuerzo de terreno o de refuerzo de pavimentos.
- Las Geomembranas cumplen la función de impermeabilización o protección de materiales.

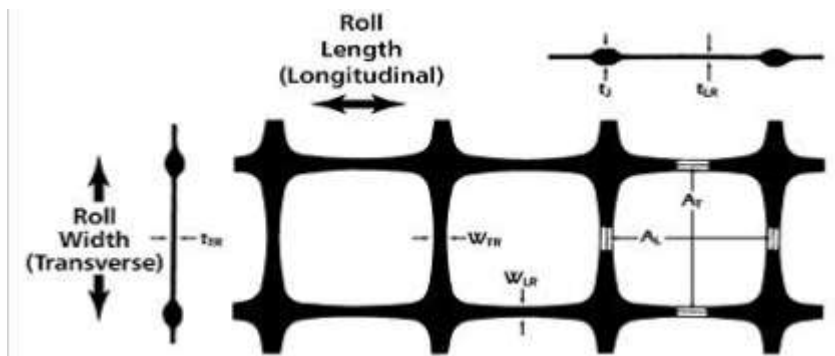
Para la utilización de geo sintéticos en proyectos viales, el Manual de Carreteras del MTC en el capítulo de estabilización de suelos nos especifica las siguientes consideraciones a tomar en cuenta:

- Clasificación de suelos, ya sea mediante la clasificación SUCS o AASHTO.
- Baja Resistencia al corte, determinado por un $T_f = C_u$ menor a 90 kPa, además, debe tener un CBR menor a 3%, un valor de R menor a 20 y un Módulo Resiliente menor a 4500 psi o 30 MPa.
- Poseer nivel freático cercano a la superficie debido a que en suelos con presencia de humedad o saturados puede ocurrir la emigración de dichos líquidos a la superficie granular. Esto puede provocar daños que a largo plazo afecten de manera irremediable a la carretera.
- Sensibilidad alta, es decir, un S mayor a 8 como resultado de la resistencia a la compresión no confinada de una muestra inalterada y la resistencia a la compresión no confinada de una muestra previamente remodelada de un suelo cohesivo.

La principal función de las geomallas extruidas es indiscutiblemente el refuerzo. Aquí, el uso está relacionado con la forma y dirección en la que las estructuras transmiten los esfuerzos hacia la cimentación. Por ejemplo, en muros o en terraplenes se utilizan las geomallas uniaxiales, ya que estas proporcionan una mayor resistencia y rigidez en el sentido longitudinal. Mientras, que “para estructuras en que la disipación de los esfuerzos se realiza de forma aleatoria y en todas las direcciones, como las estructuras de pavimento o cimentaciones superficiales, se utilizan geomallas biaxiales y triaxiales”. Asimismo, al respecto, se puede señalar que:

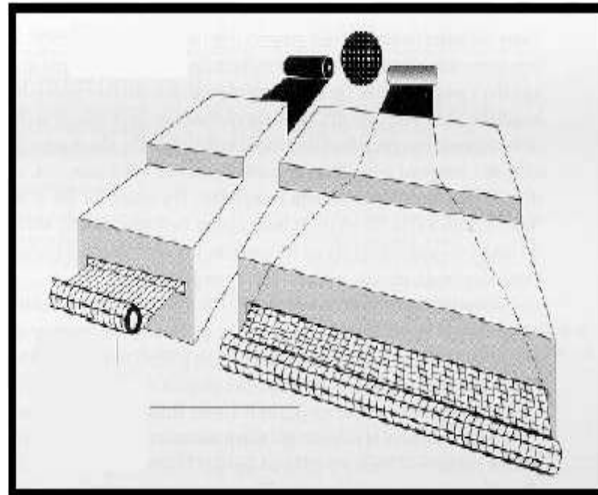
Las geomallas durante la aplicación de una carga vertical al suelo, debido a la presión de la llanta produce una interacción entre la capa granular de suelo y la geomalla, formando un compuesto suelo-geomalla combina la existencia a la compresión del suelo con la tensión de la geomalla, permitiendo que la capa adyacente presente una mayor rigidez y estabilidad. Asimismo “la capacidad que tiene la geomalla para distribuir las fuerzas sobre su superficie incrementa las características de resistencia contra los desplazamientos de la estructura durante el sometimiento de cargas estáticas y dinámicas (p.15).

Figura 4:Geomalla Biaxial



Nota: En “Análisis técnico-económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles,” por Orrego, D., 2014, p. 18. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. (<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5419>)

Figura 5: Proceso de Fabricación de las Geomallas Biaxiales



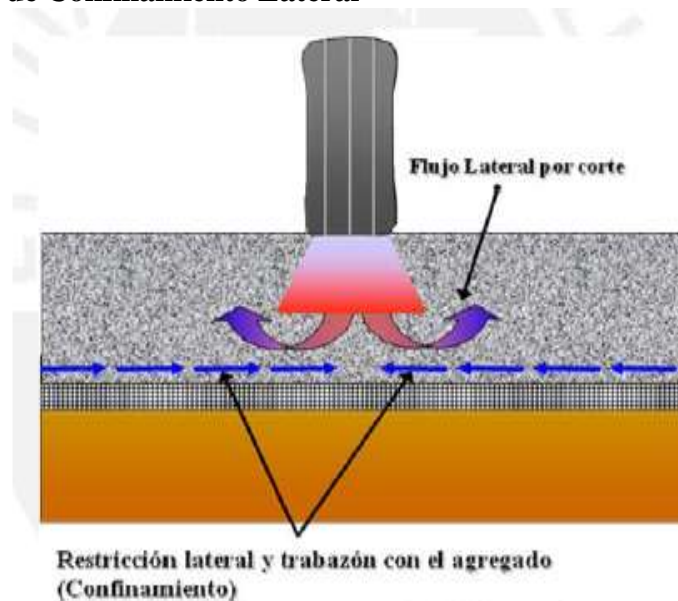
Nota: En “Análisis técnico-económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles,” por Orrego, D., 2014, p. 5. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. (<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5419>)

Confinamiento Lateral

Este mecanismo consiste en encajonar las partículas presentes en el suelo natural. Se emplean geosintéticos que aumentan el módulo resiliente de la capa a reforzar. Esto

puesto que, al confinar las partículas y lograr impedir su disgregación natural producto de las cargas vehiculares que van a soportar se mejoran las propiedades mecánicas que este presenta. Es decir, el encajonamiento de las partículas de suelo aumenta significativamente la rigidez natural que posee el suelo en cuestión y disminuye los efectos de deformaciones verticales al interior del paquete de pavimento y los ahuellamientos en la superficie de rodadura.

Figura 6: Mecanismo de Confinamiento Lateral



Nota: En “Análisis técnico-económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles,” por Orrego, D., 2014, p. 15. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. (<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5419>)

Mejoramiento de la capacidad de carga del terreno natural

La aplicación de geosintéticos en los suelos permite una adecuada distribución de cargas resultantes producto del paso de los vehículos. Es decir, las cargas están distribuidas en un área de trabajo donde se producen esfuerzos cortantes y verticales en terrenos naturales de propiedades blandas. La funcionalidad del geo sintético es trasladada al plano de falla de la estructura del pavimento de un material blando o inadecuado a materiales con propiedades de mejor comportamiento como la estructura de la base o subbase.

Figura 7: Mecanismo de Mejoramiento de Capacidad de carga



Nota: En “Análisis técnico-económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles,” por Orrego, D., 2014, p. 16. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. (<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5419>)

Efecto Membrana Tensionada

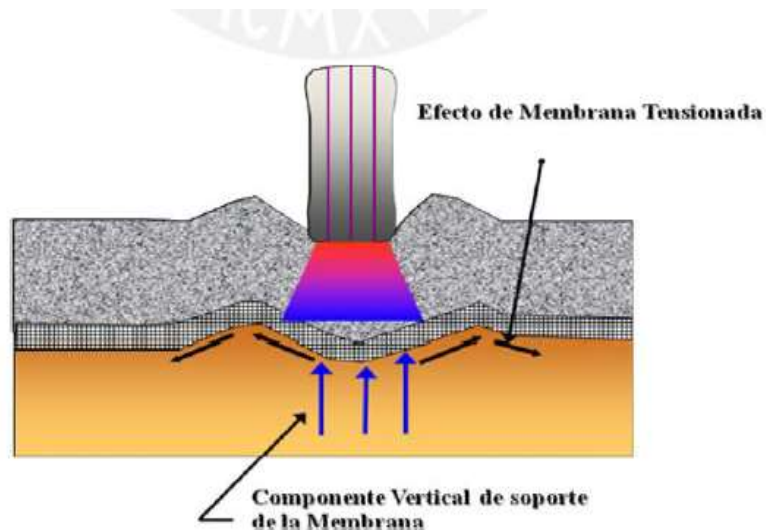
Al producirse ahuellamiento o algún tipo de deformación considerable se presenta el efecto de membrana tensionada, en dicho mecanismo se desarrolla un refuerzo frente a las cargas que son soportadas por la resistencia a la tensión del refuerzo de geo sintético. Dicho efecto desarrolla dentro del refuerzo de geo sintético un refuerzo a la resistencia vertical y un confinamiento en la parte baja. Esto aumenta la resistencia al corte que posee naturalmente el terreno en estudio.

En carreteras con una subrasante de terreno natural granular, el principal mecanismo de refuerzo es el confinamiento lateral seguido del efecto membrana tensionada. Por otro lado, en suelos cohesivos que servirán como subrasante para proyectos viales el principal mecanismo de refuerzo es el efecto membrana tensionada, seguido del mecanismo de confinamiento lateral. Lo antes explicado se refiere a el principal requisito para que se presente el efecto membrana tensionada y presente deformaciones considerables en el suelo de fundación del proyecto vial. Puesto que los suelos granulares no presentan grandes deformaciones, no pueden presentar este efecto como su principal refuerzo, por lo tanto, los suelos cohesivos son los más propensos a desarrollar este refuerzo puesto que sus deformaciones son mayores.

Al mejorarse las características de los suelos con la aplicación de geo sintéticos, debe analizarse siempre la mejora de la capacidad portante de este, puesto que, debe estudiarse previamente en que afectará la aplicación del geo sintético en la estructura

del pavimento, pues estos pueden aplicarse con distintas funcionalidades como son sus características de filtro, anticontaminante, drenante y refuerzo.

Figura 8: Efecto de Membrana Tensionada



Nota: En “Análisis técnico-económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles,” por Orrego, D., 2014, p. 17. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. (<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5419>)

2.3.4 Pavimentos Rígidos

Son aquellos pavimentos que tienen una carpeta de rodadura de concreto de cemento hidráulico. Se denomina pavimento rígido por las propiedades de la losa de concreto que absorbe en mayor grado las cargas vehiculares.

Debido a su rigidez, la carpeta de rodadura hace que las cargas vehiculares se distribuyan en una forma más eficiente. Por ello requieren una estructura con menor número de capas granulares entre la carpeta de rodadura y la subrasante para asegurar una adecuada transferencia de cargas. Generalmente, requieren una capa granular que recibe el nombre de base y en diseños mejorados se considera una capa de subrasante mejorada que trabaja como una sub base.

Los materiales aptos para las capas de la subrasante deben ser suelos con CBR igual o mayor de 6%. En caso de ser menor (subrasante pobre o subrasante inadecuada), se procederá a la estabilización de los suelos. Para ello, se analizarán alternativas de solución como la estabilización mecánica, el reemplazo del suelo de cimentación, estabilización química de suelos, estabilización con geo sintéticos u otros productos

aprobados por el MTC, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose la más conveniente técnica y económica.

Los pavimentos rígidos de concreto hidráulico han sido utilizados como soluciones al transporte desde fines del siglo XIX, y constituyen una alternativa funcional hasta la actualidad.

El pavimento de concreto hidráulico es reconocido por su larga durabilidad y resistencia, llegando a tener costos de mantenimiento económicos en comparación con los pavimentos asfálticos.

Se deben tenerse en cuenta al momento de evaluar las diferentes alternativas de pavimentación, como los descritos en la Tabla 10. Respecto a la seguridad vial, la superficie rugosa permite una mejor adherencia, el color plomo del concreto lo hace más reflexivo que el asfalto, previniendo accidentes.

Tabla 10: Beneficio de los Pavimentos de Concreto

Beneficios	Concreto
Seguridad Vial	Reduce salpique de agua superficial (no se ahueca, no se empoza). Mejor adherencia superficial: textura rugosa para mejor adherencia entre pavimento y neumático.
	Mayor Visibilidad: <ul style="list-style-type: none"> • 3 veces más reflejante que el asfalto. • Ahorros en costos de iluminación en vías urbanas hasta un 30% de energía. Planicidad Superficial: Conserva textura superficial por más tiempo.
Cuidado del Medio Ambiente	Ahorro de combustible en camiones puede ir de 0.8% a 6.9% vs. asfalto.
	Se reducen las emisiones de dióxido de carbono y otras.
	Requiere 3 a 5 veces menos energía en su construcción, mantenimiento y rehabilitación.
	Es 100% reciclable Reduce el efecto del calor urbano, por su color claro y propiedades reflectoras.

Nota: En “Comparación técnico-económica de las alternativas de pavimentación flexible y rígida a nivel de costo de inversión” por Becerra, M., 2013, p. 24. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. (https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1965/MAS_ICIV-L_021.pdf?sequence=1)

Por otro lado, en el cuidado del medio ambiente, permite ahorros considerables de energía tanto en el proceso de construcción como en el de operación. Se puede llegar

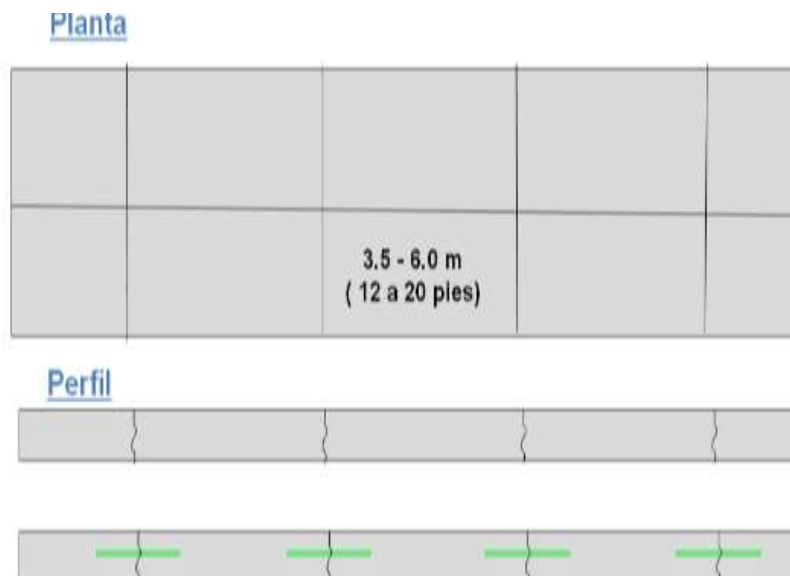
a ahorrar entre 0.8 y 6.9 % de combustible solamente por transitar por un pavimento de concreto.

Tipos de pavimentos rígidos

Existen tres tipos de pavimentos de concreto utilizados en vías, los cuales se mencionan a continuación:

- Pavimento de concreto simple con juntas: En este tipo de pavimentos se requiere realizar juntas de contracción transversal que varían entre 3.5 y 6.0 metros. La transferencia de carga entre paños adyacentes se puede dar mediante trabazón de agregados o mediante el empleo de pasadores. Las juntas inducen el agrietamiento propio del comportamiento del concreto por las tensiones originadas por los cambios de temperatura y humedad.

Figura 9: Esquema de pavimento de concreto simple con juntas

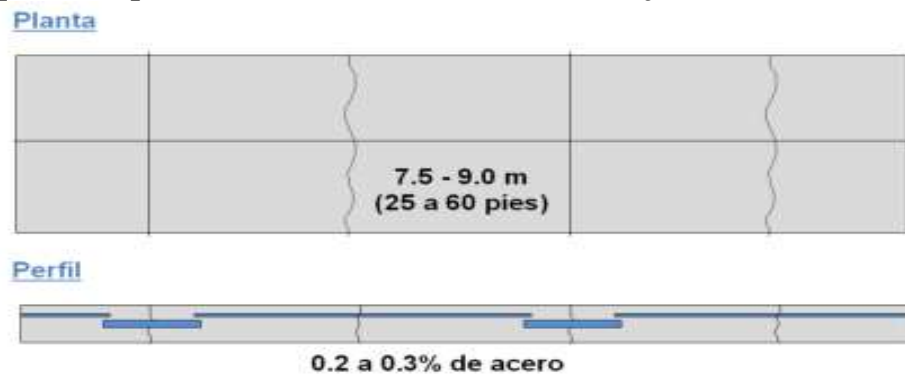


Nota: En “Comparación técnico-económica de las alternativas de pavimentación flexible y rígida a nivel de costo de inversión” por Becerra, M., 2013, p. 25. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. (https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1965/MAS_ICIV-L_021.pdf?sequence=1)

- Pavimento de concreto armado con barras transversales: La carpeta de rodadura es de concreto reforzado con mallas de acero, las que permiten ampliar las distancias entre las juntas llegando a distancias entre 7.5 y 9.0

metros. Aunque tiene refuerzo moderado de acero, siempre se espera que se produzcan fisuras controladas dentro de los paños. El refuerzo controla parte de las tensiones y permite tener espaciamientos mayores entre las juntas. La transferencia de carga entre paños adyacentes se realiza mediante el empleo de pasadores.

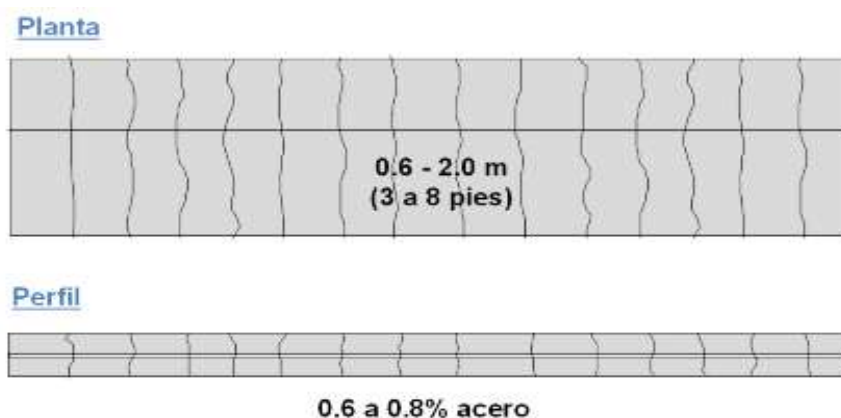
Figura 10: Esquema de pavimento de concreto reforzado con juntas



Nota: En “Comparación técnico-económica de las alternativas de pavimentación flexible y rígida a nivel de costo de inversión” por Becerra, M., 2013 p. 26. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. (https://pirhua.udel.edu.pe/bitstream/handle/11042/1965/MAS_ICIV-L_021.pdf?sequence=1)

- Pavimentos de concreto continuamente reforzados: las tensiones son controladas por una armadura de acero. Se espera la aparición de fisuras controladas a lo largo de todo el pavimento, con distancias entre 0.6 y 2.0 metros.

Figura 11: Esquema de pavimento de concreto continuamente reforzado



Nota: En “Comparación técnico-económica de las alternativas de pavimentación flexible y rígida a nivel de costo de inversión” por Becerra, M., 2013, p. 26. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. (https://pirhua.udel.edu.pe/bitstream/handle/11042/1965/MAS_ICIV-L_021.pdf?sequence=1)

En los tres tipos de pavimentos de concreto se puede apreciar la tendencia por eliminar o distanciar lo más posible la distancia entre las juntas. Esto debido a que las juntas son, si se le puede decir, el punto débil de los pavimentos de concreto. Por ellas ingresan materiales incompresibles que restringen el movimiento de los paños de concreto. Además, el agua también ingresa por ella y erosiona las capas inferiores de soporte.

Además, con la tecnología antigua, las juntas eran las responsables del poco confort que percibían los usuarios de los pavimentos de concreto al transitar por ellos. Es obvio que las juntas anteriores, las de más de 2.5 centímetros y que eran selladas con asfalto en frío, eran barreras naturales y obstáculos para los vehículos. Actualmente, con las nuevas tecnologías de juntas que tienen milímetros de espesor, éstas ya no representan problema alguno.

En nuestro caso y en la mayoría de proyectos de pavimentación de la ciudad de Pucallpa, se trabajó con un pavimento de concreto reforzado con juntas. Esto debido a la presencia de tránsito pesado fluido, aserraderos y depósitos de productos regionales. Se tuvo en cuenta la optimización de su costo y comportamiento a mediano plazo, por lo que será este con el que se trabajará en la presente tesis.

Figura 12: Pavimento de concreto reforzado con juntas (malla de refuerzo)



Nota: Fotos tomadas como parte del Proyecto de Pavimentación "Mejoramiento de Vía de Interconexión al C.P. San José desde Puerto Callao, distrito de Yarinacocha, Región Ucayali"

Figura 13: Pavimento de concreto reforzado con juntas



Nota: Fotos tomadas como parte del Proyecto de Pavimentación "Mejoramiento de Vía de Interconexión al C.P. San José desde Puerto Callao, distrito de Yarinacocha, Región Ucayali"

Capas de un pavimento de concreto

Los pavimentos de concreto cuentan con una serie de capas que se sostienen desde la subrasante hasta la carpeta de rodadura. La calidad de los materiales que conforman las capas va mejorando a medida que se aproximan a la carpeta de rodadura.

Los diferentes métodos de diseño consideran al menos las siguientes capas para los pavimentos de concreto:

Subrasante

Es el suelo de cimentación del pavimento, pudiendo ser suelo natural, debidamente perfilado y compactado; o material de préstamo, cuando el suelo natural es deficiente o por requerimiento del diseño geométrico de la vía a proyectar.

Los materiales que pueden ser empleados como subrasante serán de preferencia materiales de tipo granular, tales como: GW, GP, SW, SM, ML o incluso SC, siempre que la arcilla no sea de alta plasticidad.

Antes de ser empleado debe ser perfilado y compactado entre el 95 y 100% de la máxima densidad seca obtenida con el ensayo Proctor estándar AASHTO T-99.

En caso el suelo natural esté conformado por suelos finos y plásticos como CL, MH, CH, CL – ML, con LL entre 50 y 100% se analizará la necesidad de mejorarlos reduciendo su LL para mejorar así el IP.

Si el suelo natural está conformado por suelos tipo MH, CH y OH con LL de 100%, será reemplazado por material de préstamo en un espesor mínimo de 30 centímetros.

Base

En el caso de los pavimentos de asfalto es común que se contemple material de base adicional. En lo que a los pavimentos de concreto se refiere esto no es común, pero podría darse el caso en situaciones extremas. La base constituye entonces, la capa intermedia entre la sub rasante y la carpeta de rodadura y utiliza materiales granulares de excelente gradación.

Los diferentes métodos de diseño no limitan el espesor de las capas, sin embargo, espesores inferiores a 10 centímetros resultan muy difíciles de compactar. Por lo que se sugiere no emplear espesores menores a 10 centímetros, siendo preferible trabajar con 15 centímetros.

Sub bases estabilizadas

Las Sub bases son la capa de sub rasante mejorada que permiten el empleo de materiales locales de relleno mejorado, teniendo como ventajas: sub bases menos erosionables, reducción de esfuerzos de tensiones y deflexiones, mejoramiento de la transferencia de carga entre paños, entre otras.

Se podrá estabilizar con cemento siempre y cuando el material a estabilizar sea libre de partículas orgánica, con equivalentes de arena superiores a 20.

O también se pueden mejorar utilizando geosintéticos.

Carpeta de rodadura

Está conformada por mezcla de concreto hidráulico. Los métodos de diseño especifican diseños de mezcla con Módulo de rotura a la flexión (MR) superiores a 43.5 Kg/cm², o su equivalente a $f'c = 245 \text{ Kg/cm}^2$.

Tabla 11: MR recomendado por tipo de vía

Tipo de vía	MR recomendado (Kg/cm²)
Autopistas	48
Urbanas principales	45
Urbanas secundarias	42

Nota: En “Comparación técnico-económica de las alternativas de pavimentación flexible y rígida a nivel de costo de inversión” por Becerra, M. 2013, p. 30. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. (https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1965/MAS_ICIV-L_021.pdf?sequence=1)

Aunque las metodologías de diseño podrían evaluar pavimentos de concreto con MR mayores a 50 kg/cm², lo mejor es no superar esta medida ya que las losas se vuelven muy rígidas. Además, los contenidos de cementante utilizados en mezclas de concreto de este tipo traen consigo problemas de contracción y fisuras por contracción plástica que es preferible evitar. Valores de MR entre 50 y 55 son comunes para pavimentos de aeropuertos.

Las juntas

Por la naturaleza misma del concreto, es necesario controlar la fisuración y permitir el movimiento relativo entre paños adyacentes, mediante el empleo de juntas.

Las juntas son longitudinales y transversales y tienen el rol de inducir fisuras por contracción del concreto, aislar el movimiento de los paños de elementos ajenos al pavimento, como buzones, por ejemplo, y siendo incluso parte del procedimiento constructivo.

Lo cierto es que las juntas, son los puntos débiles de los pavimentos, pues permiten el ingreso de líquidos que puedan erosionar las capas de cimentación, o materiales incompresibles, que restrinjan el movimiento. Por ello, además de ser concebidas, estas deben ser selladas y mantenidas con cierta frecuencia.

Mecanismo de transferencia de carga y confinamiento

Dependiendo del tipo de solicitaciones de carga de tránsito y del diseño geométrico de la vía, el pavimento contará con mecanismos de transferencia de cargas entre paños adyacentes y confinamiento lateral.

- **Transferencia de carga**

Se puede dar mediante la trabazón de los agregados o mediante el empleo de pasadores en las juntas de contracción transversal. Los pasadores son barras de acero lisas y con los bordes redondeados que se colocan en el plano perpendicular al corte de la junta transversal. Deben estar centrados y permitir el movimiento de los paños adyacentes, no deben restringir su movimiento. En la tabla siguiente, se presentan dimensiones características de los pasadores con relación al espesor de la carpeta de rodadura de concreto.

Tabla 12: Características de los pasadores con relación al espesor de la losa

Espesor del concreto	Pasadores		
	Diámetro (mm)	Longitud (cm)	Separación (cm)
13 - 15	19	40	30
15 - 20	25	45	30
20 - 30	32	45	30
30 - 43	38	50	35
43 - 50	45	55	45

Nota: En “Comparación técnico-económica de las alternativas de pavimentación flexible y rígida a nivel de costo de inversión” por Becerra, M., 2013, p. 31. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. (https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1965/MAS_ICIV-L_021.pdf?sequence=1)

- **Confinamiento lateral**

El confinamiento lateral es importante ya que controla las tensiones por flexión y las deflexiones en la losa, además de las bermas que pueden ser de concreto como una extensión del pavimento vinculada o no vinculada; de asfalto, o de material granular.

Un mecanismo de confinamiento lateral lo brindan las barras de amarre, las cuales son de acero corrugadas que controlan el movimiento lateral de los carriles, y se colocan perpendiculares a la junta longitudinal. Por lo general, son de 3/8, 1/2 ó 5/8 de pulgada de diámetro; con longitudes que varían desde 50 cm hasta 100 cm, y que están espaciadas entre 0.5 y 1.0 metro.

Texturizado

El objetivo de texturizar la superficie del concreto es entregarle al pavimento las cualidades necesarias que permitan el contacto pavimento a llanta que permita el tránsito de los vehículos en condiciones seguras.

El micro texturizado es el que se logra aplicando una llana húmeda sobre la superficie del pavimento.

El macro texturizado se logra mediante herramientas mecánicas, como peines con cerdas metálicas o aparatos más sofisticados que pueden ser incorporados en el tren de pavimentado.

2.3.5 Método de la Portland Concrete Association (PCA)

La metodología de diseño de pavimentos AASHTO, con sus diferentes versiones, se basa en los resultados experimentales obtenidos en el AASHTO Road Test, en Ottawa, cuyo proyecto data de 1951 y que inicio la construcción de tramos de prueba en 1956.

El objetivo principal del AASHTO Road Test fue el de obtener relaciones confiables referentes al comportamiento y deterioro en los pavimentos, después de que se les aplicarán cargas controladas de tránsito. Para ello, se realizaron tramos de pavimentos flexibles y rígidos.

Los primeros resultados fueron registrados entre 1958 y 1960. Así pues, la primera guía de diseño AASHTO fue concebida en 1962 con el nombre de “Interim Guide for Design of Pavement Structures”, la misma que ha sido evaluada y revisada en 1972 y 1981. En 1984, un subcomité de diseño y demás consultores la terminaron de revisar publicándola en 1986 con bastantes modificaciones, con el nombre de “AASHTO Guide for Design of Pavement Structures”. En 1993 se vuelve a revisar, pero sin cambios en lo que a diseño de pavimentos de concreto se refiere. En 1998, con el suplemento de diseño AASHTO 1998, se intenta incorporar conceptos mecanicistas a la guía.

Es así que, a través de diversas versiones, AASHTO lanza su metodología de diseño basada en las relaciones empíricas registradas en la AASHTO Road Test. El objetivo es calcular el mínimo espesor de un pavimento de concreto para que éste pueda soportar el paso de las cargas de tránsito manteniendo un cierto nivel de servicio para el periodo de diseño. AASHTO propone para ello valores de serviciabilidad del pavimento,

basado en correlaciones con el IRI, agrietamiento, y fallas del pavimento. Se ha comprobado guardan correlación con la calificación subjetiva de los usuarios de la vía.

Ecuación de diseño AASHTO 93

El método AASHTO 93 asume que un pavimento recién construido comienza a dar un servicio de alto nivel. A medida que transcurre el tiempo, y con él, las repeticiones de carga de tránsito, el nivel de servicio baja. El método impone un nivel de servicio final que se debe alcanzar al concluir el periodo de diseño.

Mediante un proceso iterativo se van asumiendo espesores de losa de concreto hasta que la ecuación AASHTO 1993 llegue al equilibrio. El espesor de concreto calculado finalmente debe soportar el paso de un número determinado de cargas sin que se produzca un deterioro del nivel de servicio inferior al estimado. La ecuación AASHTO 93 se presenta a continuación:

Método AASHTO 93

$$\log_{10} W_{82} = Z_R S_o + 7.35 \log_{10}(D+25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D+25.4)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \times \log_{10} \left(\frac{M_r C_d (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times \left(0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}} \right)} \right)$$

Donde:

W82 = N.º previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del periodo de diseño

ZR = Desviación normal estándar

SO = Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento

D = Espesor de pavimento de concreto, en milímetros

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y final

Pt = Índice de serviciabilidad o servicio final

Mr. = Resistencia media del concreto (en Mpa) a flexo tracción a los 28 días (método de carga en los tercios de luz)

Cd = Coeficiente de drenaje

J = Coeficiente de transmisión de carga en las juntas

E_c = Módulo de elasticidad del concreto, en Mpa

K = Módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

El cálculo del espesor se puede desarrollar utilizando directamente la fórmula AASHTO 93 con una hoja de cálculo, mediante el uso de nomogramas, o mediante el uso de programas de cómputo especializado.

Los pavimentos de concreto simple con juntas son los que mejor se aplican a la realidad nacional debido a su buen desempeño y a los periodos de diseño que usualmente se emplean. Es por ello que el desarrollo de este coleccionable se centra en el diseño de este tipo de estructuras bajo la metodología AASHTO 93.

Serviciabilidad

Este parámetro sintetiza el criterio del diseño. AASHTO 93 caracteriza el servicio con dos parámetros: índice de servicio inicial (ρ_0) e índice de servicio final (ρ_f). En la ecuación 93 se ingresa la variación entre ambos índices ($\Delta\rho$) para el cálculo de espesores. Entre mayor sea $\Delta\rho$, mayor deterioro soportará el pavimento antes de fallar.

La serviciabilidad se define como la capacidad del pavimento de servir al tránsito que circula por la vía, y se caracteriza en una escala de 0 a 5; donde 0 significa una calificación de intransitable y 5 una calificación de excelente. El valor de 0 es ideal, pues AASHTO 93 emplea el valor de 1.5 como índice de serviciabilidad terminal del pavimento.

El valor $\Delta\rho$ depende de la calidad de la construcción. En el AASHO Road Test se alcanzaron valores de:

$\rho_0 = 4.5$ para el caso de pavimentos de concreto.

$\rho_0 = 4.2$ para el caso de pavimentos de asfalto.

En cuanto al ρ_f , se sugiere emplear valores de:

$\rho_f = 2.5$ para autopistas y vías importantes.

$\rho_f = 2.0$ para vías urbanas y secundarias.

Tránsito

El periodo de diseño está ligado a la cantidad de tránsito asociada en ese periodo para el carril de diseño. Se recomienda diseñar para 20 años o más.

Una característica propia del método AASHTO 93 es la simplificación del efecto del tránsito introduciendo el concepto de ejes equivalentes. Es decir, transforma las cargas de ejes de todo tipo de vehículo en ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas de peso, comúnmente llamados ESALs (*“equivalent single axle load”*).

El valor de un eje equivalente está relacionado al nivel de daño provocado por esta carga patrón. Por esta razón, para un mismo nivel de tránsito, los ESALs hallados para el diseño de pavimentos de concreto difieren de los hallados para el diseño de pavimentos de asfalto.

La equivalencia se logra mediante el empleo de factores de carga (LEF, *“Load equivalent factor”*). AASHTO 93, calcula el factor de carga a partir de la estimación del espesor de la losa de concreto a obtener, la carga por eje, y el nivel de serviciabilidad final aceptado.

El proceso de convertir un tránsito mixto en un número de ESALs de 8.2 toneladas fue desarrollado por el AASHO Road Test. Para la prueba se sometieron pavimentos similares con diferentes configuraciones de ejes y cargas vehiculares, y se analizaron el daño que produjeron.

El factor equivalente de carga (LEF) es el valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por la carga de un tipo de eje de 8.2 toneladas y la producida por un eje estándar en el mismo eje.

Factor Equivalente de carga

$$LEF = \frac{N^{\circ} \text{ de ESAL's de 8.2 Ton. que producen una pérdida de serviciabilidad}}{N^{\circ} \text{ de ejes de 8.2 Ton. que producen una pérdida de serviciabilidad}}$$

Como cada tipo de pavimento responde de manera diferente a una carga, los LEF también cambian en función del tipo de pavimento. Por este motivo, los pavimentos rígidos y flexibles tienen diferentes LEF.

Para calcular los ESALs que se aplicarán a una estructura de pavimento es necesario saber los tipos de ejes, asumir el espesor de la losa que se necesita para las cargas de tránsito y elegir el índice de serviciabilidad final aceptable de acuerdo con los programas de mantenimiento que se considere necesario según el tipo de pavimento.

Confiabilidad y desviación estándar

El concepto de confiabilidad ha sido incorporado con el propósito de cuantificar la variabilidad propia de los materiales, procesos constructivos y de supervisión que hacen que pavimentos construidos de, aparentemente, la misma forma, presenten comportamientos de deterioros diferentes.

La confiabilidad es en cierta manera un factor de seguridad que equivale a incrementar en una proporción el tránsito previsto a lo largo del periodo de diseño. Se siguen conceptos estadísticos que consideran una distribución normal de las variables involucradas.

El rango típico sugerido por AASHTO está comprendido entre $0.30 < so < 0.40$. Para construcciones de pavimentos de concreto nuevos se puede asumir $so = 0.35$, si las proyecciones de tránsito futuras son precisas; y $s0 = 0.40$ si la precisión es baja.

La guía AASHTO 93 sugiere valores de confiabilidad como los indicados en la tabla siguiente:

Tabla 13: Recomendaciones de R

Tipo de Vía	Confiabilidad Recomendada R	
	Zona Urbana	Zona Rural
Rutas y Autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias Principales	80 - 99	75 - 99
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Nota: En “Comparación técnico-económica de las alternativas de pavimentación flexible y rígida a nivel de costo de inversión” por Becerra, M., 2013, p. 35. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. (https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1965/MAS_ICIV-L_021.pdf?sequence=1)

El valor de R está relacionado al concepto de optimización del costo total del pavimento. Con valores de R cercanos a 50% se obtienen menores espesores de

pavimento y, por lo tanto, los costos de construcción en el inicio serán menores. Sin embargo, esto implica que el deterioro será mayor y los costos asociados al mantenimiento del pavimento a lo largo de su vida útil serán altos.

Con valores de R cercanos al 100% se obtienen mayores espesores de pavimento y por lo tanto los costos de construcción aumentan. Esta vez los costos de mantenimiento asociados a su vida útil serán mucho menores.

El valor R que se debe colocar es aquel que obtiene el menor costo total u óptimo (suma de los costos de construcción y mantenimiento).

El método es bastante sensible al cambio del valor R, es decir, a mayor R mayor espesor de concreto. Se recomienda trabajar con los siguientes valores de confiabilidad R:

- Rutas y autopistas: 90%
- Arterias principales: 85%
- Colectoras: 80%
- Locales: 75%

Valores mayores de R tienden a sobredimensionar los espesores.

El suelo de cimentación

El parámetro que caracteriza al tipo de subrasante es el módulo de reacción de la subrasante (K).

Adicionalmente, se contempla una mejora en el nivel de soporte de la subrasante con la colocación de capas intermedias, granulares o tratadas. Este efecto mejora las condiciones de apoyo y puede llegar a reducir el espesor calculado de concreto. Esta mejora se introduce con el módulo de reacción combinado (Kc).

El ensayo para determinar el módulo de reacción de la subrasante, llamado también ensayo de placa, tiene por objetivo determinar la presión que se debe ejercer para lograr una cierta deformación. Para este caso es de 13 milímetros. El ensayo está normado en ASTM D – 1196 y AASHTO T – 222. Las unidades de K son Mpa. m.

Como se describe en las normas antes mencionadas, el ensayo de placa es lento y por lo tanto costoso, por lo que es usual emplear el valor de CBR en su reemplazo, utilizando correlaciones K – CBR para ello.

El valor Kc se calcula tomando en consideración las propiedades de la subrasante y el efecto beneficioso de la capa intermedia, granular o tratada, afectadas por las variaciones estacionales durante el año, así como la presencia, también beneficiosa, de base rocosa bajo la subrasante, y el efecto perjudicial de una pérdida de soporte por erosión de las capas inferiores.

El coeficiente de drenaje

La metodología de diseño AASHTO 93 incorpora el coeficiente de drenaje (Cd) para considerarlo en el diseño. Las condiciones de drenaje representan la probabilidad de que la estructura bajo la losa de concreto mantenga agua libre o humedad por un cierto tiempo.

En general, el nivel de drenaje de las capas intermedias depende de los tipos de drenaje diseñados, el tipo y permeabilidad de las capas de subbase, tipo de subrasante, condiciones climáticas, y grado de precipitaciones, entre otras.

El coeficiente de drenaje o Cd varía entre 0.70 y 1.25, según las condiciones antes mencionadas. Un Cd alto implica un buen drenaje y esto favorece a la estructura, reduciendo así el espesor de concreto a calcular. Los pasos utilizados para el cálculo del Cd son dos:

Primero se determina la calidad del material como drenante en función de sus dimensiones, granulometría, y características de permeabilidad.

Tabla 14: Coeficiente de drenajes – parte 1

Calidad de Drenaje	50% de saturación en:	85% de saturación en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	más de 10 horas
Muy Pobre	El agua no drena	mucho más de 10 horas

Nota: En “Comparación técnico-económica de las alternativas de pavimentación flexible y rígida a nivel de costo de inversión” por Becerra, M. 2013, p. 37. Tesis para optar el título de

Ingeniero Civil. (https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1965/MAS_ICIV-L_021.pdf?sequence=1)

Si el material después de ser saturado con agua cumple los requisitos de la tabla anterior, se puede considerar como: excelente, bueno, regular, pobre o muy pobre.

Luego, en segundo lugar, una vez caracterizado el material y su calidad como drenante, se calcula el Cd correlacionándolo con el grado de exposición de la estructura a niveles de humedad próximos a la saturación, utilizando para ello la tabla siguiente:

Tabla 15: Coeficiente de drenajes – parte 2

Calidad de Drenaje	% del tiempo en que el pavimento esta expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	> 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy Pobre	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Nota: En “Comparación técnico-económica de las alternativas de pavimentación flexible y rígida a nivel de costo de inversión” por Becerra, M., 2013, p. 37. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. (https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1965/MAS_ICIV-L_021.pdf?sequence=1)

Transferencia de carga

Es un parámetro empleado para el diseño de pavimentos de concreto que expresa la capacidad de la estructura como transmisora de cargas entre juntas y fisuras. Sus valores dependen del tipo de pavimento de concreto a construir, de la existencia o no de berma lateral, de su tipo, y de la existencia o no de dispositivos de transmisión de cargas.

El valor de J es directamente proporcional al valor final del espesor de losa de concreto. Es decir, a menor valor de J, menor espesor de concreto requerido. Ver tabla 1.25 referida a los valores de J, dependiendo de si tiene o no pasadores y si tiene o no berma (granular o concreto)

Tabla 16: Valores de J

Tipo de berra	J			
	Granular o Asfáltica		Concreto hidráulico	
Valores J	SI	NO	SI	NO
		3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1

Nota: En “Comparación técnico-económica de las alternativas de pavimentación flexible y rígida a nivel de costo de inversión” por Becerra, M., 2013, p. 37. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. (https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1965/MAS_ICIV-L_021.pdf?sequence=1)

El concreto

Dos parámetros inciden el espesor de la estructura:

- **Resistencia a flexo tracción del concreto (Mr.)**

Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es que se introduce este parámetro en la ecuación AASHTO 93. El módulo de rotura (Mr.) es el que mide esta característica del concreto y está normalizado en la ASTM C – 78. En este ensayo el concreto es muestreado y ensayados en vigas.

Tabla 17: Módulos de rotura usuales en vías

Tipo de Pavimento	Mr (kg/cm ²)
Vía Urbana	42
Vía Principal	45
Autopistas	50

Nota: En “Comparación técnico-económica de las alternativas de pavimentación flexible y rígida a nivel de costo de inversión” por Becerra, M., 2013, p. 38. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. (https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1965/MAS_ICIV-L_021.pdf?sequence=1)

Módulo de Rotura del concreto

$$Mr = a \sqrt{f'c} \quad (\text{Valores en kg/cm}^2),$$

Donde los valores “a” varían entre 1.99 y 3.18

Módulo elástico del concreto

Es un parámetro primordial para la modulación de estructuras de concreto armado.

Correlaciones

$$E = 3.32 f'c^{0.5} + 6.9, \text{ (} f'c \text{ en Mpa y E en Gpa), según el ACI 363}$$

$$E = 150.000 f'c^{0.5}, \text{ (} f'c \text{ en Kpa y E en Kpa)}$$

2.4 Definición de términos básicos

Subrasante

Es la capa que realiza múltiples funciones, recibe y resiste las cargas del tránsito distribuidas por la estructura del pavimento. Asimismo, considerando un adecuado tratamiento con un anticontaminante previene que se contaminen las capas superiores de la estructura del pavimento, sobre todo si se tiene un terreno natural de material fino o arcilloso.

Sub Base

En los pavimentos rígidos se le denomina sub base a la capa de sub rasante mejorada o estabilizada para aminorar el espesor de rellenos controlados, en el caso del presente estudio se considera el mejoramiento de la sub rasante con geomalla como una sub base.

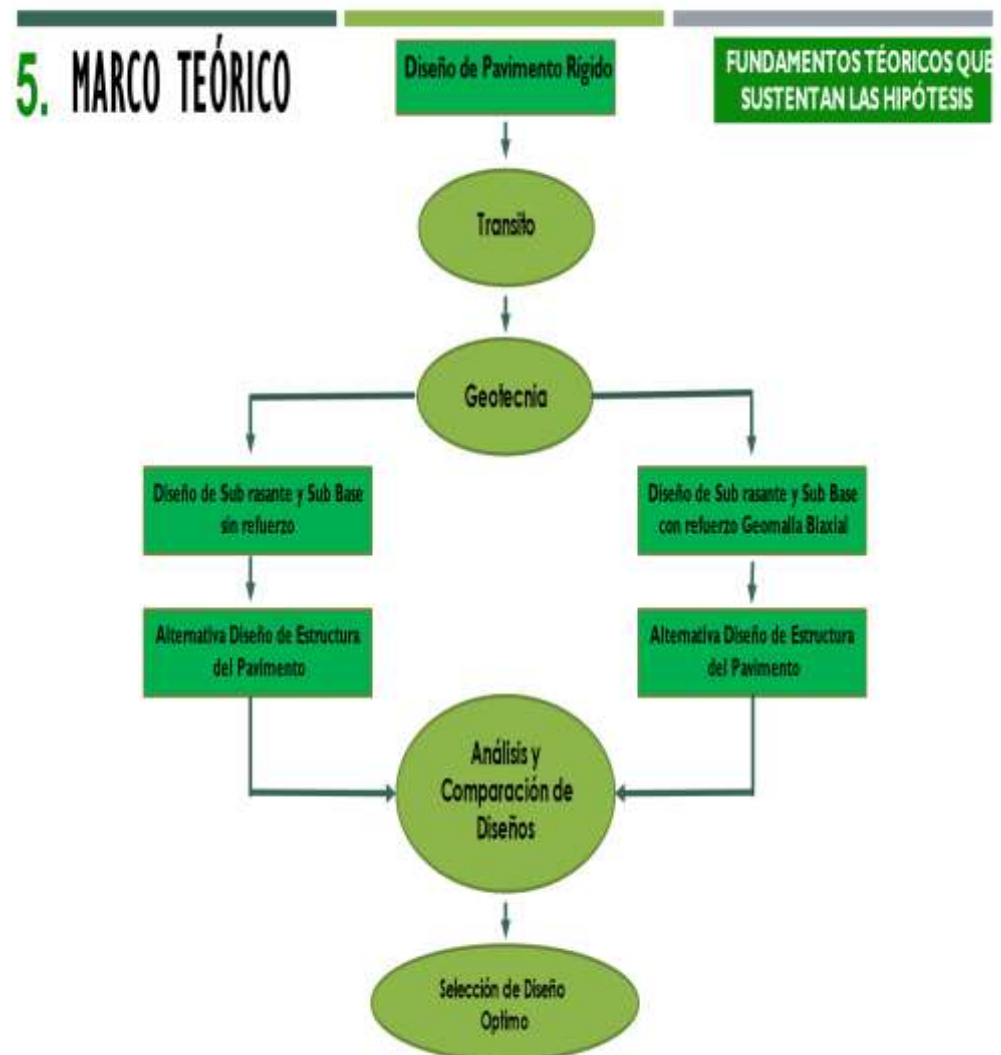
Base

Es la capa que permite reducir el espesor de la carpeta. Sin embargo, la función principal de esta capa consiste en comportarse como un elemento resistente que distribuya los esfuerzos producidos por la carga vehicular. Esta capa también debe tener la propiedad de drenar el agua que pudiera filtrarse a través de la carpeta o por las juntas del pavimento.

Carpeta de rodadura

Esta capa es la encargada de recibir la carga directamente y distribuirla hacia las capas inferiores, esta debe considerar una superficie de rodadura con una textura conveniente.

2.5 Mapa Conceptual



CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

El sistema de Geomalla Biaxial mejora las propiedades mecánicas de la subrasante del diseño de un pavimento ejecutado sobre un suelo cohesivo al reducir los espesores de las capas de la estructura del pavimento de un diseño previo.

3.1.2 Hipótesis específicas

- a) Aplicando el sistema de Geomalla Biaxial se mejora el módulo de elasticidad del suelo cohesivo, reduciendo los espesores de las capas de sub base y base.
- b) Al aplicar el sistema de Geomalla Biaxial en la sub base y la base, se disminuye la deflexión admisible, lo cual se traduce en una reducción de los espesores de mejoramiento de sub base y base.
- c) Al aplicar el sistema de Geomalla Biaxial con un Geotextil anticontaminante entre la sub base y la base, se disminuyen los espesores de la base y sub base, mejorando el confinamiento lateral.

3.2 Variables

3.2.1 Variables

Relación N°1:

Variable Independiente : Subrasante

Variable Dependiente : Capas de pavimento

Relación N°2:

Variable Independiente : Módulo de elasticidad

Indicadores de V.I.: Clasificación de suelos

Contenido de materia orgánica

Variable Dependiente : Sub base y Base

Indicadores de V.D. : Modulo resiliente

Espesores

Relación N°3:

Variable Independiente : Deflexión

Indicadores de V.I.: Resistencia al corte

Nivel freático

Variable Dependiente : Sub Base y Base

Indicadores de V.D. : Confinamiento Lateral
Asentamiento Diferencial

Relación N°4:

Variable Independiente : Confinamiento Lateral

Indicadores de V.I.: Grado de Consolidación

Control de Humedad

Variable Dependiente : Sub base y Base

Indicadores de V.D. : Capacidad portante

Efecto membrana tensionada

3.3 Sistema de variables

3.3.1 Definición conceptual

Geomalla Biaxial:

Las geomallas biaxiales poseen capacidad de carga en ambas direcciones, aproximadamente perpendiculares entre sí, y se utilizan para refuerzos con cargas en direcciones variables, por ejemplo, carreteras.

Dentro de las geomallas biaxiales pueden diferenciarse otros dos grupos, las geomallas rígidas y las geomallas flexibles. Las primeras son aquellas fabricadas de polipropileno, y las segundas fabricadas generalmente con fibras de poliéster unidas en los puntos de encuentro mediante diferentes métodos de tejido con un revestimiento generalmente de PVC.

La función más importante que debe cumplir la Geomalla Biaxial es de refuerzo de las capas de la estructura de pavimento flexible, ayudando efectivamente a soportar las cargas vehiculares sobre la misma, ya sea durante el proceso constructivo, o bien durante su funcionamiento.

Subrasante:

Es el suelo de fundación de la estructura del pavimento, pudiendo ser natural o material de préstamo.

Subbase:

Es un material cuya función principal es la de impedir la ascensión del agua producida por la capilaridad del suelo. Además, apoya económicamente al proyecto debido a que sustituye un cierto espesor de la sub rasante del pavimento por un material mejorado.

Base:

Es la capa granular cuya resistencia a los esfuerzos es mayor debido a que soporta la carga de la carpeta de rodadura y transfiere los esfuerzos vehiculares a las capas inferiores para ser mitigadas hacia el terreno natural. En esta capa se presentan las deformaciones transversales.

Carpeta de rodadura:

Es la losa de concreto hidráulico, por la cual van a transitar los vehículos durante toda su vida útil. Necesitan de un mantenimiento a mediano plazo para cumplir su vida útil.

3.3.2 Operacionalización de variables

Tabla 18: Matriz de consistencia en la cual está basado el presente estudio

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	INDICADORES	METODOLOGÍA	TIPO Y DISEÑO	
Problema General	Objetivo Principal	Hipotesis General					
¿En qué medida las propiedades mecánicas de la subrasante de un suelo cohesivo influyen en el espesor de la estructura de un pavimento?	Determinar las propiedades mecánicas de la sub rasante de un suelo cohesivo para reducir el espesor de la estructura del pavimento, aplicando el sistema de geomalla biaxial.	El sistema de geomalla biaxial mejora las características mecánicas de la subrasante del diseño de un pavimento ejecutado sobre un suelo cohesivo al reducir los espesores de las capas de la estructura del pavimento de un diseño previo.	Independiente: Subrasante	Clasificación de suelos	El presente estudio utiliza la metodología de nivel deductiva de orientación aplicada, ya que esta orientada a la descripción de los fenómenos ocurridos al momento de evaluar la hipótesis de estudio, puesto que se investiga y determina las propiedades que se modifican al aplicarse el sistema de geomalla biaxial, es decir la corroboración de la hipótesis general que se cita a continuación: "El sistema de geomalla biaxial mejora las propiedades mecánicas de la subrasante de suelos cohesivos, para reducir el espesor de la estructura del pavimento de un diseño previo", identificando y analizando las alteraciones que se presenten para expresarlo en datos numéricos verificables para su aplicación	El diseño de la investigación es de naturaleza experimental, debido a que la información presentará resultados, producto de ensayos realizados con la finalidad de plasmar las variables, además la investigación es de nivel descriptivo - explicativo, debido a que junto a la naturaleza experimental del estudio es necesario expresar de manera descriptiva los resultados que se presentarán luego de aplicarse las propuestas teóricas que nos ayudaran a realizar la corroboración de la hipótesis y sus comparaciones	
				Contenido de materia orgánica			
				Resistencia al corte			
				Nivel freático			
				Grado de Saturación			
				Control de Humedad			
			Dependiente: Capas del pavimento	Módulo Resiliente			
				Espesores			
				Confinamiento Lateral			
				Asentamiento diferencial			
				Capacidad portante			
				Membrana Tensionada			
Problemas Secundarios	Objetivos Secundarios	Hipotesis Especificas					
¿En qué medida el módulo de elasticidad del suelo cohesivo de fundación, reforzado con sistema de geomalla biaxial se relaciona con la sub base y base del pavimento?	Determinar el módulo de elasticidad de un suelo cohesivo sobre el comportamiento de la sub base y base del pavimento, aplicando el sistema de geomalla biaxial para disminuir el espesor de la estructura del pavimento.	Aplicando el sistema de geomalla biaxial se mejora el módulo de elasticidad del suelo cohesivo, reduciendo los espesores de las capas de sub base y base.	Módulo de elasticidad	Clasificación de suelos			
			Sub base y base	Contenido de materia orgánica			
¿En qué medida la deflexión del suelo cohesivo de fundación reforzado con el sistema de geomalla biaxial se relaciona con la sub base y base del pavimento?	Determinar la deflexión del suelo cohesivo en relación con la sub base y base para su reducción, luego de aplicar el sistema de geomalla biaxial.	Al aplicar el sistema de geomalla biaxial en la sub base y la base, se disminuirá la deflexión admisible, lo cual se traduce en una reducción de los espesores de mejoramiento de sub base y base.	Deflexión	Resistencia al corte			
			Sub base y base	Nivel freático			
¿En qué medida el confinamiento lateral de las capas de pavimento de CBR definido con el sistema de geomalla biaxial y Geotextil de confinamiento se relaciona con la sub base y Base del pavimento?	Determinar el Confinamiento Lateral en relación con la sub base y la base para su reducción, luego de aplicar el sistema de geomalla biaxial.	Al aplicar el sistema de geomalla biaxial con un Geotextil anticontaminante entre la sub base y la base se disminuyen los espesores de la base y sub base, mejorando el confinamiento lateral.	Confinamiento Lateral	Confinamiento Lateral			
			Sub base y base	Grado de Saturación			Control de Humedad
				Capacidad portante			Efecto Membrana Tensionada

Nota: Operacionalización de variables, elaboración propia.

Tabla 19: Matriz de operacionalización/ variable independiente del estudio

Variable en estudio	Definición conceptual	Sub Variables	Definición de Sub Variable	Indicador	Índice
Variable Independiente: Subrasante	Es el suelo de cimentación del pavimento, pudiendo ser suelo natural o de préstamo.	Módulo de Elasticidad	característica del suelo que mide cuanto se puede estirar o exprimir	Clasificación de suelos	Finos
					Mixtos
					Granulares
				Contenido de materia orgánica	Alto
					Medio
					Baja
		Deflexión	Es la resistencia a la fuerza horizontal que se ejerce sobre el suelo	Resistencia al corte	Alto
					Medio
					Baja
				Nivel Freático	Alto
					Medio
					Baja
Confinamiento Lateral	Es la impermeabilidad que evita la contaminación de las capas del pavimento, manteniendo sus propiedades mecánicas	Grado de Consolidación	Alto		
			Medio		
			Baja		
		Control de humedad	Alto		
			Medio		
			Baja		

Nota: Operacionalización de variables, elaboración propia.

Tabla 20: Matriz de operacionalización / variable dependiente del estudio

Variable en estudio	Definición conceptual	Sub Variables	Definición de Sub Variable	Indicador	Índice
Variable Dependiente: Capas del pavimento	Está conformada por las capas de relleno de agregados granulares como son la Sub base y base, encargadas de soportar los esfuerzos horizontales y verticales transmitidas desde la carpeta de rodadura por emisión de la carga de los vehículos hacia el terreno natural (Suelo de Fundación)	Sub base y base	Son las capas de agregados que separa el terreno natural de la base del pavimento.	Módulo Resiliente	Adecuado
					Aceptable
					Inadecuado
				Espesores	Adecuado
					Aceptable
					Inadecuado
		Sub base y base	Son las capas de agregados donde se apoya la carpeta de rodadura y la cual se encarga de transmitir las fuerzas normales hacia el terreno natural.	Confinamiento Lateral	Alto
					Medio
					Bajo
				Asentamiento Diferencial	Adecuado
					Aceptable
					Inadecuado
Sub base y base	Son las capas de agregados donde se apoya la carpeta de rodadura y la cual se encarga de transmitir las fuerzas normales hacia el terreno natural.	Capacidad portante	Rígido		
			Semirrígido		
			Blando		
		Efecto Membrana Tensionada	Alto		
			Medio		
			Bajo		

Nota: Operacionalización de variables, elaboración propia.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio utiliza la metodología de nivel descriptiva, ya que está orientada a la descripción de los fenómenos ocurridos al momento de evaluar la hipótesis de estudio. Esto puesto que se investiga y determina las propiedades que se modifican al aplicarse el sistema de Geomalla Biaxial, es decir, la corroboración de la hipótesis general que se cita a continuación: El sistema de Geomalla Biaxial mejora las propiedades mecánicas de la subrasante de suelos cohesivos para reducir los espesores de las capas del pavimento de un diseño previo, identificando y analizando las alteraciones que se presenten para expresarlo en datos numéricos verificables para su aplicación.

4.1 Método de investigación

De acuerdo con el fin que persigue: Investigación Deductiva con Orientación Aplicada

Esto puesto que la presente tesis si tiene una aplicación inmediata al momento de terminar el estudio. Además, posee objetivos prácticos aplicativos a corto plazo, y se puede estudiar previamente los ámbitos posibles de su aplicación en más zonas con diferente tipo de suelo en nuestro país.

De acuerdo con los tipos de datos analizados: Investigación cuantitativa

Los datos analizados son numéricos, se aplica un método estadístico para analizar los resultados. Es Descriptivo y Explicativo con el propósito de este tipo de investigación es reconstruir la realidad expresada en la zona de estudio.

De acuerdo con la metodología para demostrar la hipótesis: Experimental

Debido a que en la presente tesis se realizarán experimentos para establecer o comprobar las hipótesis, puesto que, todas las comprobaciones serán netamente mediante cálculos teóricos. La investigación es experimental.

De acuerdo con la ubicación temporal: Investigación transversal

Los datos analizados y los cálculos producto de estos servirán para determinar el fenómeno actuante en la subrasante del suelo cohesivo en un determinado lapso temporal. Esto desestima la evolución que tendrá la subrasante en dicho tiempo.

4.2 Tipo de investigación

El presente estudio utiliza la metodología de nivel descriptiva – explicativa, ya que está orientada a la descripción de los fenómenos ocurridos al momento de evaluar la hipótesis de estudio. Esto puesto que se investiga y determina las propiedades que se modifican al aplicarse el sistema de Geomalla Biaxial.

4.3 Nivel de investigación

La investigación es de nivel descriptivo. Esto es debido a que, junto a la naturaleza experimental del estudio, es necesario expresar de manera descriptiva los resultados que se presentaran luego de aplicarse las ecuaciones teóricas que nos ayudaran a realizar nuestra corroboración de hipótesis y sus comparaciones.

4.4 Diseño de investigación

El diseño de la investigación es de naturaleza experimental, prospectivo Longitudinal.

4.5 Población y muestra

La población de estudio será el suelo cohesivo usado como suelo de fundación en el proyecto de la Carretera San José de 4.616 Km. lineales, 33,236.2 m² aproximadamente.

Se tomará como muestra 300 metros lineales, 2,160 m² de suelo cohesivo utilizado como subrasante para el proyecto vial. (7.20m de ancho de vía), para el proyecto vial: "Mejoramiento de Vía de Interconexión al C.P. San José desde Puerto Callao, distrito de Yarinacocha, Región Ucayali". Dicho proyecto tiene los estudios necesarios realizados por el Gobierno Regional de Ucayali.

4.6 Técnicas de recolección de datos

En el caso de la presente tesis se utilizará la recolección de datos mediante la observación de las pruebas realizadas mediante los estudios de suelos y de tráfico. En el caso del estudio de tráfico, se utilizarán formatos estandarizados y los cálculos propuestos en el Manual de Carreteras brindado por el MTC (2013). En cuanto al estudio de suelos, de igual manera se utilizarán los estudios mencionados en el Manual de Carreteras del MTC para el tipo de proyecto vial que se va construir. Además, estas pruebas tienen su fundamento en la normativa ASTM en la cual se basa nuestro Manual de Carreteras del Perú.

4.6.1 Tipos de técnicas e instrumentos

Los tipos de instrumentos que se utilizarán en la presente tesis serán hojas de cálculo recolectadas en el expediente técnico de la obra "Mejoramiento de Vía de Interconexión al C.P. San José desde Puerto Callao, distrito de Yarinacocha, Región Ucayali", realizado por el Gobierno Regional de Ucayali. Dichas hojas de cálculo serán recolectadas mediante la técnica de observación, debido a que se dichos formatos se deben plasmar en estudios que serán recolectados de manera estandarizada. Los estudios a recolectar son: El estudio de tráfico y el estudio de suelos.

4.6.2 Criterio de validez y confiabilidad de los instrumentos

Los criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos han sido revisados previamente por el Gobierno Regional de Ucayali, es decir, estos criterios de confiabilidad son los certificados de los instrumentos del laboratorio de suelos en donde se realizaron los estudios de las muestras del terreno en estudio. Además, los criterios de validez del estudio de tráfico también han sido estandarizados mediante la utilización de los formatos brindados por el MTC.

4.6.3 Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

Llegado el momento del procesamiento y análisis de la data, se utilizarán hojas de cálculos realizadas en el programa Excel con la finalidad de realizar los cálculos necesarios. Se trabajó con los espesores del pavimento, el cálculo del CBR de diseño, los cálculos del estudio de suelos y del estudio de tráfico para calcular los Ejes Equivalentes. Estas hojas de cálculo nos permitirán procesar la información recolectada a fin de lograr una mejor interpretación de los datos que nos brindara dichas hojas de cálculo.

Asimismo, se utilizará el *software* de diseño para geomallas de la empresa Maccaferri (MACREAD) de libre disponibilidad en el mercado para encontrar el espesor de capas más óptimo para el proyecto y verificar su módulo resiliente.

Así también se utilizará el Windepav 2.6 para verificar las deflexiones y su variación con la aplicación del refuerzo de la Geomalla Biaxial.

CAPÍTULO V: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 Estabilización con Geo sintéticos

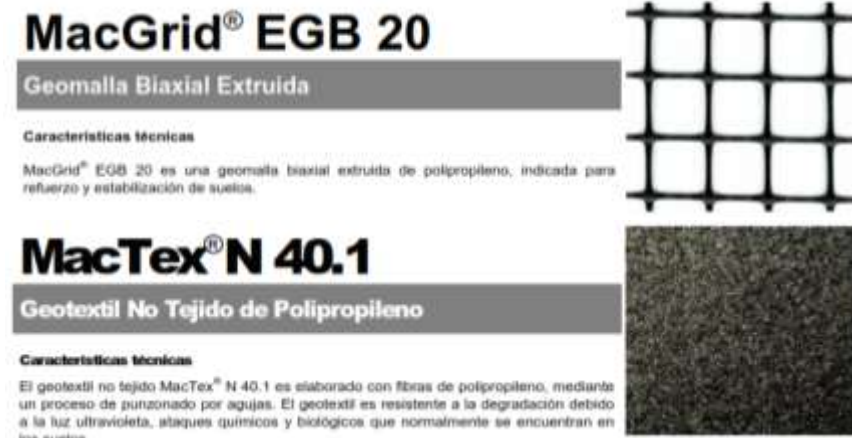
La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones por lo general se realizan en los suelos de sub rasante inadecuado o insuficiente. En este caso, son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. En cambio, cuando se estabiliza una subbase granular o base granular para obtener un material de mejor calidad se denomina como subbase o base granular tratada (con cemento o con cal o con asfalto, etc.).

La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación.

El manual ilustra diferentes metodologías de estabilización como: mejoramiento por sustitución de suelos de la sub rasante, estabilización mecánica de suelos, mejoramiento por combinación de suelos, suelos estabilizados con cal, cemento, escorias, emulsión asfáltica, estabilización química del suelo, estabilización con geo sintéticos (geotextiles, geomallas u otros). Sin embargo, debe destacarse la significación que adquiere contar con ensayos de laboratorio, que demuestren la aptitud y tramos construidos que ratifiquen el buen resultado. Además, se debe garantizar que tanto la construcción como la conservación vial puedan realizarse. En forma simple, económica y con el equipamiento disponible.

Con la información obtenida de los artículos y tesis de acuerdo con el tema investigado, se determinaron indicadores relacionados al módulo resiliente. Para esto, será necesario desarrollar la propuesta de Burmister, quien estableció la teoría de esfuerzos y deformaciones en capas de pavimentos. Se toma la teoría de la elasticidad como punto de referencia y de donde parte la metodología que conecta espesores con módulos resilientes. A partir de este desarrollo se establece la profundidad de mejoramiento.

Figura 14: Geomalla y Geotextil



Nota: De Maccaferri, mayo y agosto 2011.

Criterios geotécnicos para establecer la estabilización de suelos

- a) Se considerarán como materiales aptos para las capas de la sub rasante suelos con $CBR \geq 6\%$. En caso de ser menor (sub rasante insuficiente o sub rasante inadecuada), se presentan zonas húmedas locales o áreas blandas, será materia de un estudio especial para la estabilización, mejoramiento o reemplazo. Aquí, el ingeniero responsable analizará diversas alternativas de estabilización o de solución como estabilización mecánica, reemplazo del suelo de cimentación, estabilización con productos o aditivos que mejoran las propiedades del suelo, estabilización con geo sintéticos (geotextiles, geomallas u otros), pedraplenes, capas de arena, elevar la rasante o cambiar el trazo vial, si las alternativas analizadas resultan ser demasiado costosas y complejas.
- b) Cuando la capa de sub rasante sea arcillosa o limosa y, al humedecerse, partículas de estos materiales puedan penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas, deberá proyectarse una capa de material anticontaminante de 10 cm. de espesor como mínimo o un geotextil. Esto según lo justifique el ingeniero responsable.
- c) La superficie de la sub rasante debe quedar encima del nivel de la napa freática como mínimo a 0.60 m, cuando se trate de una sub rasante extraordinaria y muy buena; a 0.80 m cuando se trate de una sub rasante.

- d) En zonas sobre los 4,000 msnm, se evaluará la acción de las heladas en los suelos. En general, la acción de congelamiento está asociada con la profundidad de la napa freática y la susceptibilidad del suelo al congelamiento.

Sí la profundidad de la napa freática es mayor a la indicada anteriormente (1.20 m), la acción de congelamiento no llegará a la capa superior de la sub rasante. En el caso de presentarse en la capa superior de la sub rasante (últimos 0.60 m) suelos susceptibles al congelamiento, se reemplazará este suelo en el espesor comprometido o se levantará la rasante con un relleno granular adecuado hasta el nivel necesario. Los suelos limosos son suelos susceptibles al congelamiento. Igualmente, los suelos que contienen más del 3% de su peso de un material de tamaño inferior a 0.02 mm, con excepción de las arenas finas uniformes que, aunque contienen hasta el 10% de materiales de tamaño inferior a los 0.02mm, no son susceptibles al congelamiento. En general, son suelos no susceptibles los que contienen menos del 3% de su peso de un material de tamaño inferior a 0.02 mm.

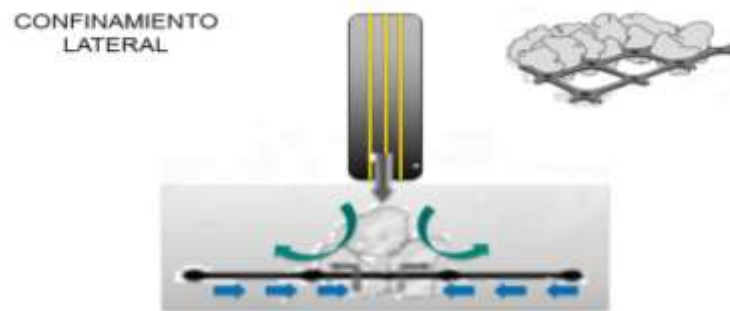
- e) Para establecer un tipo de estabilización de suelos es necesario determinar el tipo de suelo existente. Los suelos que predominantemente se encuentran en este ámbito son: los limos, las arcillas, o las arenas limosas o arcillosas. Este último es característicos de la ciudad de Pucallpa y del área de los proyectos a ejecutarse.

Siendo esto, se sustenta la estabilización de Suelos Mediante geosintéticos.

Confinamiento Lateral

Este mecanismo se logra a través de la trabazón de las partículas granulares con el refuerzo. Las geomallas aumentan el módulo de la capa reforzada al confinar las partículas e impedir su movimiento natural ante la aplicación de las cargas vehiculares. La trabazón mecánica aumenta la rigidez de la base reduciendo las deformaciones verticales en la interfase inferior y los ahuellamientos en la superficie de rodadura.

Figura 15: Confinamiento Lateral



Fuente: Maccaferri

Mejoramiento de la Capacidad Portante del Terreno Natural

La rigidez de la geomalla permite distribuir las cargas aplicadas en una mayor área disminuyendo los esfuerzos cortantes y verticales en el terreno natural blando.

Básicamente se traslada el plano de falla de la estructura del pavimento de un material no competente (blando) a materiales de mejor comportamiento estructural como la base/subbase.

Figura 16: Capacidad de carga



Fuente: Maccaferri

Efecto Membrana Tensionada

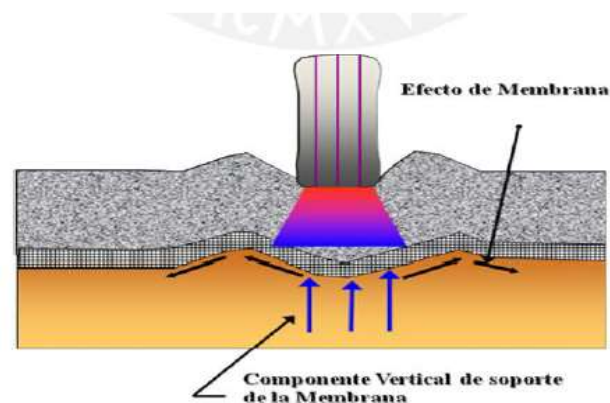
Este mecanismo se presenta cuando ocurre un ahuecamiento o deformación considerable en el terreno natural debido a una carga vehicular, desarrollándose unos esfuerzos que son soportados por la resistencia a la tensión del refuerzo.

Este efecto de membrana tensionada desarrolla en el refuerzo una resistencia vertical y un confinamiento hacia abajo, aumentando la resistencia al corte del terreno natural.

Este mecanismo de refuerzo para desarrollarse necesita una deformación significativa de la superficie de la carretera. Esta no siempre es admisible en caminos pavimentados, y adicionalmente, el tráfico debe ser canalizado.

Hasta hace unos años, el efecto membrana tensionada se consideraba el mecanismo principal de refuerzo. Luego de años de investigación se ha determinado que cuando se quiere reforzar la capa granular el mecanismo principal es el confinamiento lateral. En el refuerzo de capas granulares las deformaciones en la estructura del pavimento son mínimas por lo que el efecto membrana tensionada no se alcanza a desarrollar. Cuando se quiere hacer un mejoramiento del terreno natural, los mecanismos principales son el mejoramiento de la capacidad portante y el efecto membrana tensionada.

Figura 17: Efecto de Membrana Tensionada



Nota: De USACE, 2003, en “Análisis técnico-económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles,” por Orrego, D., 2014, p. 18. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. (<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5419>)

De acuerdo al USACE y AASHTO, existen diferentes tipos de geomallas. No obstante que presentan una apariencia similar, pero no necesariamente tienen el mismo beneficio estructural. Por lo tanto, en caso de que el ingeniero responsable decida utilizar geo sintéticos para la estabilización de suelos, analizará y sustentará la conveniencia de aplicación del tipo de geo sintéticos que incluirá en su diseño. Así definirá si se aplicará para una función drenante, filtro, anticontaminante, refuerzo o protección

5.2 Metodología Giroud Han (ASCE) Estructura del Pavimento

Los investigadores Giroud y Han (2004), publicaron su estudio en la edición de agosto del 2004 del ASCE (Sociedad de Ingenieros Civiles de los Estados Unidos). El método está basado en la teoría de la capacidad portante, verificaciones en campo y ensayos de laboratorio, obteniendo una mayor precisión para el desempeño en la vía.

El método puede ser usado para vías no pavimentadas y estabilización de la subrasante con o sin geo sintéticos. Orientado a obtener un suelo blando suficientemente estable para una plataforma de compactación y así evitar ahuellamientos o deformaciones severas en la estructura del pavimento.

Giroud-Han es un método de diseño que trabaja principalmente con el *interlocking*, que en otras palabras sería el confinamiento generado entre las geomallas y la capa de material que se encuentra sobre esta. La metodología Giroud–Han emplea la teoría de distribución de esfuerzos o presiones verticales ejercida por las cargas de rueda en la superficie del pavimento sobre la subrasante. Asimismo, mediante esta metodología, se determina el espesor del agregado de la base que hace falta para reducir la presión vertical impartida a la subrasante a un valor igual a su capacidad de carga estimada. Por ello, el diseño de pavimento flexible al aplicar en geomalla biaxial en la interfaz subbase y subrasante únicamente dependerá del tipo de geomalla y su principal característica de soporte, es decir, los factores de capacidad de carga que poseen los distintos tipos y su comportamiento en la variedad de suelos. Por ende, al reemplazar los parámetros de diseño en la expresión matemática, lo único que varía es el factor de capacidad de carga que únicamente se diferencia si la muestra posee o no un elemento de refuerzo. Es decir, una geomalla, cabe mencionar que el factor de capacidad de carga se muestra en la tabla de referencia.

a) Parámetros de diseño según la metodología Giroud – Han

La relación global resultante con un número sin precedentes de parámetros relevantes tiene como resultado un método para determinar el espesor de base del pavimento reforzado, donde se utiliza la siguiente expresión matemática:

Parámetros de Diseño Giroud - Han

$$h = \frac{0.868 + (0.661 - 1.006J^2) \left(\frac{r}{h}\right)^{1.5} \log N}{1 + 0.204 \left(\frac{3.48CBR_{bc}^{0.3}}{CBR_{sg}} - 1\right)} \left(\sqrt{\frac{\frac{P}{\pi r^2}}{\frac{S}{f_s} \left[1 - 0.9^{-\left(\frac{r}{h}\right)^2}\right] N_c \times f_c \times CBR_{sg}}} \right) r$$

Donde:

$h(m)$ = Espesor de la capa de material granular requerido. Se recomienda como mínimo un espesor de 0.1m.

$J (m-N^\circ)$ = Módulo de rigidez torsional del geo sintético.

N = Número de repeticiones de carga.

$P (kN)$ = Carga por rueda kN, $2P$ es igual a la carga del eje.

$r (m)$ = Radio del área de contacto con la llanta.

$CBRSR (\%)$ = CBR de la subrasante.

$CBRMG (\%)$ = CBR del material granular.

$S(mm)$ = Ahuellamiento permitido, es un criterio de serviciabilidad que generalmente se encuentra entre 25-100mm. Un criterio de falla de 75mm se ha usado ampliamente para esta aplicación. Para bajos volúmenes de tráfico, considera ahuellamientos permitidos entre 13-75mm.

f_s = factor igual a 75mm

f_c = factor igual a 30kPa

N_c = Factor de capacidad portante $N_c=3.14$ y $J=0$ en el caso sin refuerzo

$N_c = 5.14$ para el refuerzo con geotextiles y

$N_c = 5.71$ en el caso de geomallas biaxiales coextruidas.

b) Geometría de la estructura sin pavimentar

Se dice que, en la geometría de la estructura del pavimento, la base tiene un grosor uniforme, donde sólo se utiliza una capa con geomalla. Se supone que esta capa de geomalla se sitúa en la interfaz de suelo/subrasante. Por ende, el suelo de la subrasante es homogéneo en una profundidad suficiente para permitir el desarrollo de fallas del

suelo hacia la subrasante sin ninguna influencia del suelo localizado a una mayor profundidad.

La profundidad mínima en el método Giroud-Han:

- El valor de esta profundidad ha sido estimado usando la teoría clásica de la capacidad de carga. Es usualmente inferior a 1.5 m para tamaños de ruedas típicos.
- Un espesor mínimo de la capa base es de 0,10 m. Este espesor mínimo es necesario para disminuir la perturbación del suelo de subrasante durante su vida útil.

c) Tráfico

El tráfico puede ser canalizado para carreteras sin restringir el área. El tráfico canalizado se caracteriza por el número de pasadas (N) o número de repeticiones (ESALs). El peso del eje ejercido sobre la estructura del pavimento durante la vida útil de diseño de la estructura.

d) Ejes y Cargas

Patrones de ruedas para ejes de camión simple y doble. La carga de la rueda (P) es la carga aplicada por una de las ruedas en el caso de los ejes de una rueda y la carga aplicada por un conjunto de dos ruedas en el caso de ejes de rueda dual.

El área de contacto del neumático se sustituye en este estudio teórico por un área circular denominada área de contacto equivalente del neumático. El área de contacto del neumático equivalente tiene la misma superficie que el área de contacto del neumático.

e) Profundidad de la huella y criterios de servicio

El tráfico genera ahuellamiento, que se observa en la superficie de la capa base. Cuando el tráfico está canalizado, la profundidad de la huella es la distancia vertical entre el punto más bajo de la huella y una línea que se extiende entre los puntos altos de las superficies de la pista de base a cada lado de la ranura. La profundidad

permisible de ahuellamiento es superior a 75mm., ampliamente utilizado en carreteras. Es necesario señalar que la profundidad de la huella admisible es un criterio de capacidad de servicio.

f) Propiedades del material de la capa Base

El CBR es un índice adimensional medido en una prueba de laboratorio estándar o en el campo. Sin embargo, el valor CBR del campo es usualmente diferente del valor CBR del laboratorio debido a la diferencia de las condiciones de prueba. En el campo, el valor de CBR de la capa base es dependiente del suelo de la subrasante.

g) Propiedades de la geomalla

El módulo de estabilidad de las aberturas de una Geomalla Biaxial proporciona una buena correlación con el comportamiento medido de las vías pavimentadas que incorporan diferentes tipos de geomallas. El módulo de estabilidad de la abertura es una medida de la rigidez en el plano y la estabilidad de las costillas y las uniones de la geomalla.

h) Parámetros de diseño

Los parámetros preliminares para el diseño, dicha información se obtiene de ensayos o estudios preliminares de la zona a diseñar, se determinará la carga de tráfico, la profundidad de la huella y los factores de capacidad determinados por el tipo y marca de geomalla.

i) Radio de contacto (r)

Radio de Contacto

$$r = \sqrt{\frac{P}{\pi p}}$$

j) Módulo de proporción

Módulo de Proporción

$$R_E = \frac{E_{bc}}{E_{sg}} = \frac{3.48 (CBR_{bc})^{0.3}}{CBR_{sg}}$$

CBRbc: CBR de la base

CBRsg: CBR de la subrasante

RE: Cuando es mayor a 5, se toma como resultado RE = 5.

k) Revisión de la capacidad de la subrasante

Revisión de la Capacidad Portante

$$P_{h=0,(\text{sin refuerzo})} = \left[\frac{S}{f_s} \right] \pi r^2 N_c f_c CBR_{sg}$$

Donde:

fc: Fabricante de carga; 30 KPa para CBR entre 5% y 10%

P h=0: Capacidad soportante

S: Ahuellamiento máximo

fs: Ahuellamiento de referencia

l) Factor de corrección

Este factor de corrección depende directamente del módulo J de las geomallas triaxiales. Este valor es diferente para todas las geomallas, los proveedores o fabricantes de geomallas triaxiales y son los responsables de determinar en base a ensayos calificados el valor del módulo J para sus geomallas. Con este módulo el factor de corrección se calcula fácilmente con la siguiente ecuación:

Factor de corrección

$$Cf (0.661 - 1.006J^2)$$

m) Evaluación de cargas

La carga por rueda "P" es la carga aplicada por una de las cargas en un eje simple y la carga aplicada por un set de ruedas en un tándem. La relación entre la carga por rueda y la presión de contacto:

Evaluación de Cargas

$$P = p \times A$$

Área de Contacto

$$A = \pi \times r^2$$

Donde:

P = Carga por rueda (kN)

A = Área de contacto de la rueda (m²)

P = Presión de contacto de la rueda (kPa), para fines prácticos se considera igual a la presión de inflado de los neumáticos.

Suponiendo que la presión se aplica en un área circular de radio “r”, tenemos:

Reemplazando las ecuaciones tenemos:

Radio de Contacto

$$r = \sqrt{\frac{P}{\pi \times p}}$$

n) Relación de los módulos de material granular y subrasante

La relación de módulos $R_E = E_{MG}/E_{SR}$ para efectos de esta metodología se puede estimar mediante las siguientes correlaciones con el CBR:

Módulo de elasticidad de material granular

$$E_{MG} = 36 \times CBR_{MG}^{0.3}$$

Donde:

E_{MG} = Módulo del material granular (MPa).

CBR_{MG} = CBR del material granular.

Para la subrasante se asume una condición no drenada, el valor de C_u se puede obtener ($CBR < 5$) usando la siguiente correlación (Giroud y Noray 1981):

Cohesión no drenada

$$C_u = f_c \times CBR_{SR}$$

Donde:

C_u = Cohesión no drenada del suelo de la subrasante (kPa).

CBR_{SR} = CBR de la subrasante.

f_c = Factor igual a 30kPa.

Heukelom y Klomp (1962) desarrollaron la siguiente correlación lineal entre el CBR de la subrasante y el módulo resiliente (para $CBR < 10$) en suelos finos con base en mediciones en campo:

Módulo de elasticidad de la Sub rasante

$$E_{SR} = 10.35 \times CBR_{SR}$$

Donde:

E_{SR} = Módulo de la subrasante (MPa).

CBR_{SR} = CBR de la subrasante.

De esta forma el R_E se expresa como:

Relación de Módulos

$$R_E = \frac{E_{MG}}{E_{SR}} = \frac{3.48 \times CBR_{MG}^{0.3}}{CBR_{SR}}$$

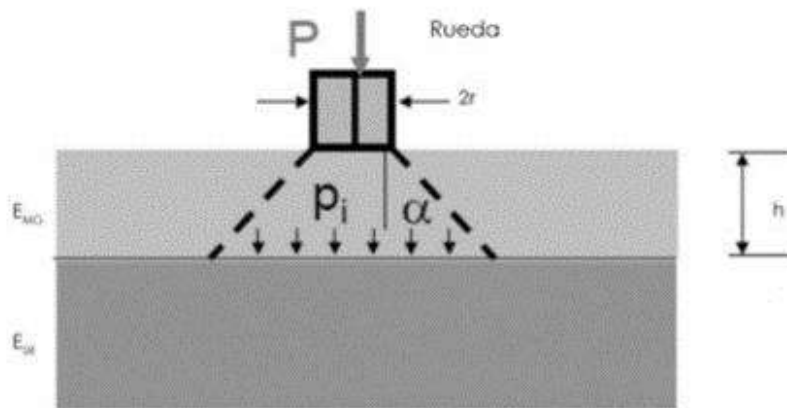
En el caso del refuerzo con geomallas y geotextiles para la relación de módulos, R_E , los autores recomiendan limitarla a un valor de 4.5. Los valores de R_E para seleccionar el tipo de geo sintético de refuerzo son los siguientes:

- Si $R_E < 4.5$, se utilizara geotextiles, geomallas biaxiales coextruidas.
- Si $R_E \geq 4.5$, se utilizará geo celdas de 100 a 200 mm de altura.

o) Esfuerzos sobre el suelo de subrasante

Se asume que la carga aplicada por una rueda en el caso de ejes simples o un set de llantas en un eje tándem se distribuye de manera uniforme en un área circular de radio r . Así mismo, los esfuerzos de distribuyen de acuerdo con el ángulo de distribución de esfuerzos, α , esto se aprecia en la figura 18.

Figura 18: Esfuerzos sobre el suelo de Subrasante



Nota: En “Propuesta del mejoramiento de la sub rasante de pavimentos flexibles usando las geomallas biaxiales en suelos de bajo valor de soporte California – distrito de Ahuac” por Orejon, E., 2018, p. 58. (<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/5165>)

De esta manera el esfuerzo normal (presión), p_i , en la interface material granular – subrasante está dada por la siguiente ecuación:

Presión de Interfase

$$p_i = \frac{p}{\pi (r + h \tan \alpha)^2}$$

Despejando h:

Altura de Material Granular

$$h = \frac{r}{\tan \alpha} \left(\sqrt{\frac{p}{\pi r^2 p_i} - 1} \right)$$

Para prevenir la falla de la sub rasante se debe cumplir que:

Coefficiente de Movilización

$$p_i \leq m N_c C_u$$

Donde:

m = coeficiente de movilización de capacidad portante.

Con lo que se obtiene:

Ángulo de distribución de carga

$$h \geq \frac{r}{\tan \alpha} \left(\sqrt{\frac{p}{\pi r^2 m N_c C_u}} \right)$$

Empíricamente, el método relaciona el ángulo inicial de distribución de carga “ α_1 ”, a través de un espesor de material granular sobre un suelo blando, como se muestra a continuación:

Angulo de distribución de carga

$$\tan \alpha_1 = \tan \alpha_0 \left[1 - 0.204 \left(\frac{E_{MG}}{E_{SR}} - 1 \right) \right] = \tan \alpha_0 \left[1 + 0.204 \left(\frac{3.48 CBR_{MG}^{0.3}}{CBR_{SR}} - 1 \right) \right]$$

El ángulo de distribución de carga decrece conforme aumenta el número de repeticiones de carga. Por lo que $1/\tan \alpha$ es una función de línea de log N:

Repeticiones de Carga

$$\frac{1}{\tan \alpha} = \frac{1 + k \log N}{\tan \alpha_1}$$

Donde:

K = Constante que depende del espesor de material granular y el refuerzo.

α = Ángulo de distribución de carga cuando el número de repeticiones de carga es N. α_1

= Ángulo de distribución de carga cuando el número de repeticiones es uno.

5.3 Método de Diseño AASHTO carpeta de rodadura de concreto

En el presente estudio se utiliza como primer método el diseño propuesto por la AASHTO para diseñar el espesor del pavimento de concreto hidráulico.

La guía del diseño para el pavimento de concreto hidráulico se desarrolló al mismo tiempo que para los pavimentos de concreto asfáltico y se publicó en el mismo manual. El plan es basado en la teoría y experiencia de las ecuaciones empíricas obtenidas de la “AASHTO Camino de Prueba con Modificaciones Varias”. Las ecuaciones básicas desarrolladas por la "AASHTO Camino de Prueba para los Pavimentos Rígidos" están en

el mismo formulario como aquellos para los pavimentos flexibles pero con valores diferentes para las constantes de la regresión.

Las ecuaciones de la regresión son:

Ecuaciones de Regresión

$$\log W_{18} = Z_R \times S_o + 7.35 \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log \left[\frac{(\Delta PSI)}{(4.5-1.5)} \right]}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{0.48}}} + (4.22 - 0.32 p_i) \log \left(\frac{S'c \times Cd(D^{0.73} - 1.132)}{215.63 \times JD - \frac{18.42}{(Ec/k)^{0.23}}} \right)$$

Donde:

W_{18} = Número previsto de aplicaciones de carga por eje simple equivalente a 18 kip (ESAL).

Z_R = Desviación estándar normal (Que depende de la confiabilidad R).

S_o = Desviación estándar total

D = Espesor (en pulgadas) de la losa de pavimento.

ΔPSI = Diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial de diseño (po) y el índice de serviciabilidad terminal de diseño (pt).

$S'c$ = Módulo de rotura (psi) del concreto de cemento portland usado en un proyecto específico.

J = Coeficiente de transferencia de carga usado para adaptarse a las Características de transferencia de carga de un proyecto específico.

Cd = Coeficiente de Drenaje.

Ec = Módulo de elasticidad (psi) del concreto de cemento Pórtland.

k = Módulo de reacción de la subrasante (pci).

CAPÍTULO VI: APLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

6.1 Diagnóstico de la Carretera

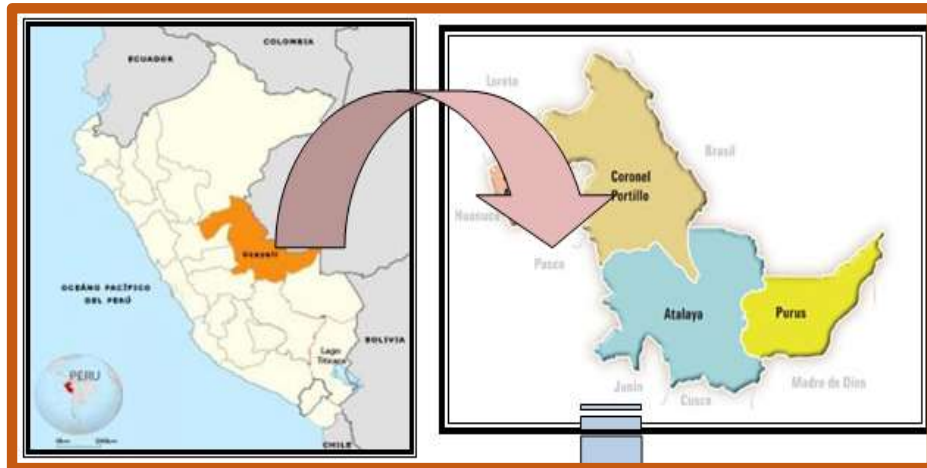
El proyecto “**MEJORAMIENTO DE VIA DE INTERCONEXION AL C.P. SAN JOSE DESDE PUERTO CALLAO, DISTRITO DE YARINACocha, CORONEL PORTILLO - UCAYALI**”, Código SNIP 149054, se encuentra enmarcado dentro del programa de actividades del Gobierno Regional de Ucayali.

La vía de acceso al C.P. San José pertenece a la Red Vial Vecinal del Distrito de Yarinacocha – Provincia de coronel Portillo – Región Ucayali, Ruta N° UC-591, cuya trayectoria es Emp. PE-18 C (Carretera Federico Basadre) - Puerto Callao - San Juan – San Francisco - Puerto Firmeza - Nueva Esperanza de Panaillo - Unión Zapotillo - Echegaray - Shambo de Porvenir - Naranjal - Nueva Barranca - Emp. UC-103 (Nueva Requena)

El proyecto tiene una longitud aproximada de 4+616.15 km. a nivel de pavimento rígido, con una sección de rodadura de 7.20m y bermas de 1.80 y 1.50m, a cada extremo, canaletas de concreto armado de sección estándar, veredas en ambos extremos, martillos, reforzamiento y estabilización de taludes pronunciadas mediante muros de contención y terramesh, rampas y áreas verdes.

El proyecto tiene su inicio en la intersección del Jr. 3 de octubre y Jr. San Alejandro (E.546425.47 N.9076580.52), periferia del área urbana del Distrito de Yarinacocha, Provincia de coronel Portillo, Región Ucayali y finaliza en C.P. San José (E.544933.67 - N.9076884.28).

Figura 19: Ubicación del proyecto



Nota: Estudio de Trafico Carretera San José, 2020, p. 1. En Memoria Anual Goren 2020, Gobierno Regional de Ucayali

Figura 20: Ubicación del Proyecto en Google Earth



Nota: Estudio de Trafico Carretera San José, 2020, p. 1. En Memoria Anual Goren 2020, Gobierno Regional de Ucayali

La vía de acceso al Centro Poblado de San José, presenta una topografía que varía de ondulado a plano, predominando los sectores ondulados y en menor proporción los sectores planos. Existe una superficie afirmada en deterioro por parte de los agentes climatológicos como la lluvia que son propios de la zona, además de presentar problemas de drenaje longitudinal como transversal. Esto ha generado que, por la fluidez del tránsito vehicular y motorizado, se genere pérdida del material de la superficie, creándose encalaminados, ahuellamientos, piedras sueltas y erosión de la superficie de rodadura.

Sub-Tramo (km. 0+000 al km. 1+000)

Inicia en la intercepción del Jr. 3 de octubre y Jr. San Alejandro (perímetro del área urbana de Puerto Callao), se empieza con el trazo en un suave descenso, por una topografía ondulada, con curvas suaves de radios pequeños y tangentes cortas, con ancho de plataforma de 8.00 m. y con pendientes promedios del 3.3%.

La plataforma de rodadura se encuentra en regular estado de conservación, con afirmado pobre y disperso, encalaminados, ahuellamientos, piedras sueltas y erosión de la superficie de rodadura. El drenaje es deficiente por haber cunetas superficiales y maltrechas.

Existe 120 m. de red de agua y desagüe en uso, desde el Jr. 3 de octubre hasta el Jr. Circunvalación (4 conexiones de agua y 8 conexiones de desagüe). Se ubicó riachuelos de bajo caudal de agua.

- Progresiva 0+127.77, L= 30.43 m.
- Progresiva 0+618.75, L= 21.10 m.

Figura 21: Aniego formado en el inicio del tramo por la falta de cunetas, situación que deteriorará su estado



Nota: Fotos tomadas en campo, EMS del Proyecto Carretera San José

Figura 22: Deterioro de la capa de rodadura, totalmente encalaminada, ahuellada y con escaso drenaje



Nota: Fotos tomadas en campo, EMS del Proyecto Carretera San José

Sub-Tramo (km. 1+000 al km. 2+000)

Se continúa con el trazo en un descenso suave, por una topografía ondulada a plana, con curvas suaves de radios pequeños y tangentes cortas, con ancho de plataforma de 8.00 m., con pendientes promedios del 3.2%.

Entre las progresivas 1+610 al 1+655, la zona es inundable en temporada de lluvias, hasta 0.65 m. por encima del afirmado.

En la progresiva 1+702.47, existe un puente viga-losa de concreto armado “Puente Tushmo”, en buenas condiciones de 15.00 de longitud.

La plataforma de rodadura se encuentra en regular estado de conservación, con afirmado pobre y disperso, encalaminados, ahuellamientos, piedras sueltas y erosión de la superficie de rodadura. El drenaje es deficiente por haber cunetas superficiales y maltrechas.

Se ubicó riachuelos de bajo caudal de agua.

- Progresiva 1+028.60, L= 12.95 m.
- Progresiva 1+928.40, L= 12.35 m.

Figura 23: Deterioro de la capa de rodadura,



Nota: Fotos tomadas en campo, EMS del Proyecto Carretera San José

Figura 24: Puente existente viga-losa en buen estado



Nota: Fotos tomadas en campo, EMS del Proyecto Carretera San José

Sub-Tramo (km. 2+000 al km. 3+000)

Se continúa avanzando con el trazo, por una topografía plana a ondulada, con curvas suaves de radios pequeños y tangentes cortas, con ancho de plataforma de 8.00 m., con pendientes promedios del 3%.

Entre las progresivas 2+110 al 2+720, la zona es inundable en temporada de lluvias, hasta 1.10 m. por encima del afirmado.

En la progresiva 2+321.06, existe una quebrada “San Lorenzo”, de 8.00 mts. de longitud, de regular caudal de agua. Es necesaria la proyección de un puente de concreto armado.

La plataforma de rodadura se encuentra en regular estado de conservación, con afirmado pobre y disperso, encalaminados, ahuellamientos, piedras sueltas y erosión de la superficie de rodadura. El drenaje es deficiente por haber cunetas superficiales y maltrechas.

Figura 25: La topografía plana del lugar y el deterioro de la capa de rodadura, totalmente encalaminada, ahuellada y con escaso drenaje



Nota: Fotos tomadas en campo, EMS del Proyecto Carretera San José

Figura 26: Otra vista del estado de la vía



Nota: Fotos tomadas en campo, EMS del Proyecto Carretera San José

Sub-Tramo (km. 3+000 al km. 4+000)

Se continúa avanzando con el trazo con un suave descenso por una topografía ondulada, con curvas suaves de radios pequeños y tangentes cortas, con ancho de plataforma de 8.00 m., con pendientes promedios del 2.8%.

La plataforma de rodadura se encuentra en regular estado de conservación, con afirmado pobre y disperso, encalaminados, ahuellamientos, piedras sueltas y erosión de la superficie de rodadura. El drenaje es deficiente debido a cunetas superficiales.

Se ubicó riachuelos, de poco caudal de agua.

- Progresiva 3+273.50, L= 12.30 m.
- Progresiva 3+563.45, L= 32.80 m.
- Progresiva 3+852.90, L= 12.80 m.
- Progresiva 3+951.80, L= 12.30 m.

Figura 27: Deterioro de la capa de rodadura, totalmente encalaminada, ahuellada y con escaso drenaje, es en toda la vía



Nota: Fotos tomadas en campo, EMS del Proyecto Carretera San José

Figura 28: Otra vista del estado calamitoso de la vía



Nota: Fotos tomadas en campo, EMS del Proyecto Carretera San José

Sub-Tramo (km. 4+000 al km. 4+616.15)

Se continúa avanzando con el trazo, con un suave ascenso, por una topografía ondulada con curvas suaves de radios pequeños y tangentes cortas con ancho de plataforma de 8.00 m., con pendientes promedios del 3.5%.

La plataforma de rodadura en regular estado de conservación, con afirmado pobre y disperso, encalaminados, ahuellamientos, piedras sueltas y erosión de la superficie de rodadura. El drenaje es deficiente, por haber cunetas superficiales y maltrechas.

Se ubicó riachuelo con caudal mínimo de agua.

- Progresiva 4+491.50, L= 12.30 m.

Figura 29: Deterioro en el recorrido de la capa de rodadura, totalmente encalaminada, ahuellada y con escaso drenaje



Nota: Fotos tomadas en campo, EMS del Proyecto Carretera San José

Figura 30: Final del tramo, se aprecia el deterioro de la capa de rodadura y la falta de cunetas



Nota: Fotos tomadas en campo, EMS del Proyecto Carretera San José

6.2 Tráfico

La vía de conexión de Puerto Callao con el C.P. San José, tiene una longitud de 4,62 kilómetros aproximadamente y forma parte de la Ruta N° UC-591. Su trayectoria parte desde Emp. PE-18 C (Carretera Federico Basadre) - Puerto Callao - San Juan – San Francisco - Puerto Firmeza - Nueva Esperanza de Panaillo - Unión Zapotillo - Echegaray - Shambo de Porvenir - Naranjal - Nueva Barranca - Emp. UC-103 (Nueva Requena). Clasificada como Vía Vecinal del Distrito de Yarinacocha – Provincia de coronel Portillo – Región Ucayali.

De acuerdo a su función, esta vía permite conexiones interurbanas con fluidez media y es de acceso a los asentamientos periféricos y de expansión urbana del distrito. De igual manera da acceso a los centros de educación superior como la Universidad Intercultural de la Amazonía y el Instituto Pedagógico Bilingüe de Yarinacocha.

Conforme al DS. 034-2008-MTC. Es de competencia, la gestión de infraestructura vial vecinal, las Municipalidades Provinciales y Distritales. Es así que mediante Certificado de Zonificación y Vías N°012-2018-MDY-GAT-SGPUR, la Gerencia de Acondicionamiento Territorial de la Municipalidad Distrital de Yarinacocha, hizo llegar las propuestas de secciones viales para el proyecto.

En aplicación al Manual De Diseño Geométrico De Vías Urbanas – 2005 - (MDGVU-2005), la vía se clasifica como una via arterial.

El estudio de tráfico por lo general está en relación al tipo de proyecto, en nuestro caso es un proyecto de mejoramiento vial.

Tabla 21: Proyección del Tráfico Total en años


















PROYECCIÓN DEL TRÁFICO TOTAL

TRAMO: CARRETERA SAN JOSE

AÑOS	Motos Lineales	Motocars	Bajaj	Furgoneta	Autos	Station wagon	Camionetas	Minibam	Combis	Microbus	Minibus	Cisternas	Volquete	Camion Plataforma	Camion	Buses Interprovinciales	Buses Medianos	TOTAL IMDA
2018	2701	3557	0	41	96	33	60	11	10	5	3	5	53	0	19	0	10	6605
2019	3262	4297	0	49	116	40	73	14	12	7	5	6	75	0	27	0	14	7997
2020	3272	4305	0	49	116	40	73	14	12	7	5	7	78	0	28	0	12	8019
2021	3282	4315	0	49	117	41	73	14	12	7	5	7	81	0	29	0	12	8044
2022	3292	4324	0	50	118	41	74	14	12	7	5	7	84	0	30	0	12	8070
2023	3302	4334	0	50	118	41	74	14	12	7	5	8	87	0	32	0	12	8096
2024	3312	4344	0	50	119	41	75	14	12	7	5	8	91	0	33	0	12	8123
2025	3322	4354	0	50	120	42	75	14	12	7	5	8	94	0	34	0	12	8150
2026	3332	4364	0	50	120	42	75	14	12	7	5	8	98	0	35	0	12	8176
2027	3342	4374	0	50	121	42	76	14	13	8	5	9	102	0	37	0	12	8204
2028	3352	4383	0	50	122	42	76	15	13	8	5	9	106	0	38	0	12	8231
2029	3362	4393	0	50	123	43	77	15	13	8	5	9	110	0	40	0	12	8259
2030	3372	4403	0	50	123	43	77	15	13	8	5	10	114	0	41	0	12	8287
2031	3383	4413	0	51	124	43	78	15	13	8	5	10	119	0	43	0	12	8315
2032	3393	4423	0	51	125	43	78	15	13	8	5	11	123	0	45	0	12	8344
2033	3403	4433	0	51	125	44	79	15	13	8	5	11	128	0	46	0	12	8373
2034	3413	4443	0	51	126	44	79	15	13	8	5	11	133	0	48	0	12	8403
2035	3424	4454	0	51	127	44	79	15	13	8	5	12	138	0	50	0	12	8432
2036	3434	4464	0	51	127	44	80	15	13	8	5	12	144	0	52	0	12	8462
2037	3444	4474	0	51	128	45	80	15	13	8	5	13	150	0	54	0	12	8493
2038	3455	4484	0	51	129	45	81	15	13	8	5	13	155	0	56	0	12	8524

Nota: Estudio de Tráfico Carretera San José, elaboración propia.

Tabla 22: Índice Medio Diario Anual

INDICE MEDIO DIARIO ANUAL																		
SENTIDO	TIPOS DE VEHICULO-MEDIO DE TRANSPORTES																	TOTAL
	Motos Lineales	Motocars	Bajaj	Furgoneta	Autos	Station wagon	Camionetas	Minibam	Combis	Microbus	Minibus	Cisternas	Volquete	Union Platafor	Camion	Buses Interprovinciales	Buses Medianos	
																		
Entrada	1410	1812	0	22	50	18	31	7	5	3	2	3	26	0	10	0	5	3401
Salida	1292	1745	0	19	46	16	30	5	5	2	2	2	27	0	9	0	5	3204
Ambos	2701	3557	0	41	96	33	60	11	10	5	3	5	53	0	19	0	10	6605
Clasificación Vehicular %	40.90%	53.86%	0.00%	0.62%	1.45%	0.50%	0.91%	0.17%	0.15%	0.08%	0.05%	0.07%	0.80%	0.00%	0.29%	0.00%	0.15%	100.00%



Nota: Estudio de Trafico Carretera San José, elaboración propia.

El promedio del IMDA para el 2018 nos daba un resultado de 6,605, lo cual se considera un volumen de tránsito elevado.

VEHICULO DE DISEÑO

En el presente proyecto se adoptó la clasificación del Reglamento Nacional de Vehículos vigente, complementada con la incorporación de la categoría de “vehículos especiales”.

Así también se deberá tener presente que la vía, durante su vida útil, será transitada por diversos tipos de vehículos por lo que se requerirá del buen juicio y criterio para elegir los “vehículos de diseño” que resulten adecuados para diversas solicitudes de la vía.

Para tal fin deberá tenerse presente que:

- Los vehículos automotores menores y las bicicletas o similares. A no ser que se encuentren en elevada proporción, no suelen tener gran trascendencia en cuanto a la capacidad de las vías debido a sus dimensiones reducidas y gran movilidad. Sin embargo, la influencia de estos vehículos en los accidentes suele ser considerable.
- Las furgonetas, automóviles, *station wagons* y camionetas son más importantes desde el punto de vista del tráfico, ya que su participación en el mismo es casi siempre muy superior a la de los demás vehículos. Por esta razón, sus características son las que más condicionan los elementos relacionados con la geometría de la vía y con la regulación del tráfico.
- Los buses, camiones, remolcadores, remolques y semi-remolques suelen constituir una parte importante, aunque no mayoritaria del tráfico. Sus dimensiones y pesos son muy superiores a los del resto de los vehículos y están destinados generalmente al transporte de mercancías pesadas o voluminosas o al transporte colectivo de personas.

6.3 Características mecánicas de la Sub rasante

El perfil del suelo es heterogéneo y está formado por un depósito fluvio aluvial de origen cuaternario, compuesto por bolsones erráticos de suelo fino que se presentan sin orden ni arreglo. El perfil estratigráfico de la vía de pavimento está constituido por suelos gravas arcillosa arenosas superficialmente, arcillas limosas, arcillas arenosas y arcillas de baja a

mediana plasticidad a mayor profundidad, considerados como suelos regular a malo. Los valores de los suelos encontrados son de bajo soporte, el C.B.R. de la sub rasante, tomando para el diseño el más desfavorable que es 2.12 %, del material con respecto al 95% de la máxima densidad seca Teórica (MDST). Como se puede observar en el siguiente cuadro:

Tabla 23: Cuadro de ensayos de C.B.R. ASTM D-1883 Valores de soporte de sub rasante

ESTRUCTURA	UBICACION	PROFUNDIDAD	TIPO DE SUELO	CBR (95% MDS)
CALICATA C-3	PROG. 1+000.00	0.30 – 1.50	CH	3.14 %
CALICATA C-5	PROG. 2+000.00	0.20 – 1.50	CL	6.71 %
CALICATA C-7	PROG. 3+000.00	0.20 – 1.50	CH	2.86 %
CALICATA C-9	PROG. 4+150.00	0.20 – 1.50	OH	2.12 %

Nota: EMS del Proyecto de la Carretera San José, elaboración propia.

Los controles de calidad en la conformación de los rellenos de la subrasante y en el mejoramiento del suelo de fundación del puente se realizarán en capas de 0.20 m. o de acuerdo a las indicaciones del ing. supervisor. Los grados mínimos de compactación a alcanzar en los rellenos de subrasante serán de 95% y en la base granular del pavimento y relleno del suelo de cimentación al 100% de la MDST inherente al Proctor modificado. Así también se exigirá los ensayos de clasificación de los materiales de relleno (análisis granulométricos, límite líquido e índice de plasticidad). que se utilizaran en la obra.

Los suelos del área de estudio en cuanto a contenidos de elementos químicos se encuentran por debajo del rango permisible, recomendándose utilizar cemento Portland tipo 1 ASTM C-150 sin ningún tipo de aditivos.

Tabla 24: Resumen de los Ensayos

PRESENCIA EN EL SUELO DE	P.P.M	GRADO DE ALTERACION	OBSERVACIONES
SULFATOS	297	Leve	Usar cemento tipo I
CLORUROS	310	Leve	Usar cemento tipo I
SALES SOLUBLES TOTALES	372	Leve	Usar cemento tipo I
PH	6.50	Leve	Usar cemento tipo I

Nota: EMS del Proyecto de la Carretera San José, elaboración propia.

El diseño del pavimento en su estructura está conformado según el siguiente cuadro:

Tabla 25: Estructura del pavimento

ESTRUCTURA	ESPESOR
LOSA DE CONCRETO F' C= 245 KG/CM ²	20.0 CM.
BASE GRANULAR (80% HORMIGON + 20% TIERRA ROJA)	20.0 CM.
SUBRASANTE (TERRENO NATURAL)	1.05 M.

Nota: EMS del Proyecto de la Carretera San José, elaboración propia.

Para evitar cualquier efecto de agua sobre la sub rasante y dado el grado de precipitación pluvial que existe en la región, es conveniente tomar precauciones necesarias para evitar alteraciones en la misma. Se recomienda proyectar un adecuado sistema de drenaje superficial, lo suficientemente capaz de absorber los posibles volúmenes de agua y evitar la construcción y/o hinchamiento del suelo de fundación o subrasante.

No se encontró el nivel freático en ninguna de las exploraciones de las calicatas realizadas a la profundidad investigada de 1.50 m. en lo que respecta a pavimento.

Con estos datos podemos determinar que nuestra subrasante tiene una clasificación S0, de acuerdo a los establecido en el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, por ser inadecuada para la construcción de una carretera sobre ella, debido a tener un CBR menor a 3.00%. Sin embargo, este es un requisito indispensable según el Manual de Carreteras del MTC para aplicar una mejora con geosintéticos como se plantea en la presente tesis.

6.4 Diseño del espesor del pavimento rígido, aplicando la ecuación AASHTO

Para el cálculo de los espesores del pavimento rígido del proyecto se consideraron dos puntos de control.

El IMDA en el punto de control N.º 01, de donde el 95.09% (30001Veh/día) son vehículos menores de categoría "L" entre motos lineales y motocarros. El 4.82% (1,520Veh/día) son vehículos mayores de categoría "M" que comprende automóviles hasta combis y el 0.10% (31Veh/día) son vehículos pesados de categoría "N" referido a camiones de 2 y 3 ejes, de categoría "O" referido a tracto camiones y camión remolque de 2 y 3 ejes. Solo se ha considerado un tráfico desviado de 10%

El IMDA en el punto de control N.º 02, de donde el 94.71% (54695Veh/día) son vehículos menores de categoría "L" entre motos lineales y motocarros; el 5.21% (3011veh/día) son vehículos mayores de categoría "M" que comprende automóviles hasta combis y el 0.08% (45Veh/día) son vehículos pesados de categoría "N" referido a camiones de 2 y tres ejes, de categoría "O" referido a tracto camiones y camión remolque de 2 y 3 ejes. Se ha considerado un tráfico desviado de 10%.

La presencia de vehículos pesados de categoría "N" es intensidad media a baja, el cual representa el tráfico promedio diario de camiones llamado ADTT, que tiene mayor incidencia en el daño estructural del pavimento. En la siguiente tabla se muestra el ADTT para cada tramo en la situación con proyecto:

Tabla 26: Puntos de Control

CONTROLES	ADTT
PUNTO DE CONTROL 01	31
PUNTO DE CONTROL 02	45

Nota: EMS del Proyecto de la Carretera San José, elaboración propia.

Valores necesarios para el cálculo del EALF y el FACTOR CAMIÓN de cada vehículo.

ESTIMACION DEL FACTOR CAMIÓN

El factor de carga de eje equivalente (EALF) define el daño por paso sobre un pavimento de un eje en cuestión en relación al daño por paso de una carga de eje estándar usualmente de 18,000 libras (18 kips) de eje simple. Depende del tipo de pavimento, del grosor o la capacidad estructural y de las condiciones terminales con las cuales el pavimento es considerado fallado. La suma de los EALF de los ejes del vehículo representa el factor camión (Tf) o factor truck.

Factor Camión

$$\text{FACTOR CAMIÓN} = \sum \text{EALFi (cada eje)}$$

La mayoría de los EALF están basados en la experiencia. Uno de los métodos más difundidos es el que emplea las ecuaciones empíricas desarrolladas desde las pruebas de caminos AASHTO (AASHTO – 1972). Para ello se requiere obtener los pesos que transmiten los diferentes ejes de carga mediante estación es de pesaje. En sí son costosas y onerosas y que a nivel del presente estudio es imposible implementar, pudiéndose usar las informaciones existentes.

El AASHTO y otras instituciones publican tablas referentes a los factores EALF. Pero también el MTC posee estaciones de pesaje a nivel nacional, que reportan datos sobre los pesos reales. Estos pueden ser utilizados para calcular los EALF reales.

En la zona de estudio no se cuenta con ninguna estación de pesaje, siendo los más cercanos los existentes en la Carretera Central, próximos a la ciudad de Huánuco. Estos son las estaciones de Chullqui y Yanag.

Para el presente estudio se han utilizado los datos indicados en el Reglamento Nacional de Vehículos, aprobados mediante el Decreto Supremo N.º 058-2003-MTC.

DETERMINACIÓN DEL EALF Y DEL FACTOR CAMIÓN

Para calcular el EALF se usan las ecuaciones AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles. Referente a los vehículos mayores se toman los datos de pesaje de la estación de Yanag porque tiene un pavimento de este tipo. Mientras que para los vehículos menores se han realizado encuestas de pesos en la ciudad de Pucallpa.

Las ecuaciones AASHTO tienen la forma siguiente:

Ecuaciones AASHTO

$$\text{Log}\left(\frac{W_{tx}}{W_{t18}}\right) = 4.79\text{Log}(18+1) - 4.79\text{Log}(L_x + L_2) + 4.33\text{Log}L_2 + \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}}$$

$$G_t = \text{Log}\left(\frac{4.2 - p_t}{4.2 - 1.5}\right)$$

$$EALF = \frac{W_{t18}}{W_{tx}}$$

$$\beta_x = 0.40 + \frac{0.08(L_x + L_2)^{3.23}}{(SN+1)^{5.19} L_2^{3.23}}$$

$$\beta_{18} = 0.40 + \frac{0.08(18+1)^{3.23}}{(SN+1)^{5.19}}$$

Donde:

G_t = Logaritmo de la razón de pérdida de la serviciabilidad en el tiempo t a la pérdida total cuando p_t es igual a 1.5. Notando que 4.2 es serviciabilidad inicial para los pavimentos de concreto asfáltico.

β_x = Función de variables de carga, el valor de β_{18} se emplea para $L_x = 18$ y $L_2 = 1$

W_{tx} = Número de aplicaciones de ejes de carga x al final de un tiempo t .

p_t = Serviciabilidad al final de un tiempo t .

W_{t18} = Número de aplicaciones de ejes de carga de eje simple de 18 Kips al final de un tiempo t .

L_x = Carga en kips sobre un eje simple, o sobre un conjunto de ejes tándem, o sobre un conjunto de ejes trídem.

L_2 = Código del eje, 1 para un eje simple, 2 para el eje tándem y 3 para eje trídem.

SN = Número estructural de pavimento que se designa por:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$$

a_1, a_2, a_3 = Son los coeficientes de la capa para la superficie, la base, la subbase, respectivamente.

D_1, D_2, D_3 = Son los espesores de la superficie, la base, y la subbase,

respectivamente.

Luego el EALF resulta de:

EALF

$$EALF = \left(\frac{W_{118}}{W_{EX}} \right)$$

El peso y factor camión de los vehículos menores, es decir de los vehículos como camionetas, autos, motocar y motos; se han calculado con los datos obtenidos en censos de la ciudad de Pucallpa, entre el 04 al 10 de diciembre del 2005. Se realizó contando el número de pasajeros y tomando como dato el peso bruto de cada vehículo (aporte del estudio de Pavimentación de la Av. Tupac Amaru).

En estos cálculos se han considerado un índice de serviciabilidad Terminal (pt) de 2.5, y un número estructural (SN) de 5, que son representativos para vías en uso y en buenas condiciones de servicio.

ESTIMACIÓN DEL ESAL DE DISEÑO

El ESAL de diseño, se calcula multiplicando el número de vehículos de cada clase de peso por su factor camión apropiado, multiplicando además por los demás factores que se indican en la siguiente ecuación y sumando los productos:

ESAL

$$ESAL = \sum_{i=1}^{i=m} FACTORCAMI\dot{O}N_i \times IMD_i(G)(D)(L)(Y) \times 365$$

Donde:

G = Factor de crecimiento.

D = Factor de distribución direccional que normalmente se asume que es

0.5, cuando el tráfico es en dos sentidos.

L= Factor de distribución de vía que varía con el volumen de tráfico y el número de vías.

Y = Período del diseño en años.

A continuación, describimos nuestras variables.

FACTOR DE CRECIMIENTO DEL TRÁFICO (G)

El pavimento debe ser diseñado para servir adecuadamente la demanda del tráfico durante un periodo de 20 años. El crecimiento de tráfico (positivo o negativo) debe ser anticipado cuando se determinen los requerimientos estructurales del pavimento.

El factor de crecimiento (G) está en función de la tasa de crecimiento anual del tráfico (r). E cual se determina por la tasa de crecimiento del PBI de la región que correspondería a los camiones y la tasa de crecimiento de los vehículos menores está en función de la tasa de crecimiento de la población.

En la siguiente tabla se muestran estas relaciones para periodos de diseño de 20 años

Tabla 27: PBI de Ucayali

PBI DE UCAYALI
(Variación Porcentual)
Año 2002

AÑOS	PBI UCAYALI	AGROPEC	COMERCIO	CONSTRUC.	MANUFACT.	MINERIA	OTROS	PESCA	SERV. GUBER.
2002	4.0%	3.7%	3.6%	6.5%	5.4%	3.1%	1.7%	3.6%	0.6%
2003	4.9%	4.7%	5.2%	7.6%	5.8%	2.3%	4.0%	4.5%	0.8%
2004	5.0%	4.8%	5.0%	9.2%	5.9%	3.2%	3.4%	3.7%	0.3%
2005	3.2%	2.5%	3.0%	4.3%	3.8%	1.2%	4.2%	4.4%	1.3%
2006	3.3%	2.7%	3.0%	4.3%	3.8%	1.4%	4.5%	4.2%	1.4%
2007	3.4%	2.9%	3.1%	4.4%	3.5%	1.7%	4.6%	4.0%	1.5%
2008	3.4%	3.0%	3.1%	4.4%	3.6%	2.1%	4.4%	4.0%	1.6%
2009	3.5%	3.2%	3.2%	4.4%	3.6%	2.0%	4.1%	3.9%	1.7%
2010	3.5%	3.3%	3.2%	4.4%	3.7%	2.3%	3.8%	3.9%	1.8%
2011	3.5%	3.3%	3.6%	4.2%	3.6%	3.9%	3.6%	3.7%	1.9%
2012	3.6%	3.6%	2.9%	4.7%	3.6%	1.5%	3.4%	4.2%	1.7%
2013	3.6%	3.6%	3.3%	4.5%	3.8%	3.0%	3.3%	4.0%	1.9%
2014	3.6%	3.6%	3.3%	4.5%	3.8%	3.5%	3.2%	4.0%	1.9%
2015	3.7%	3.7%	3.4%	4.5%	3.8%	3.7%	3.2%	4.0%	1.9%
2016	3.7%	3.7%	3.4%	4.5%	3.8%	3.8%	3.2%	4.1%	1.9%
2017	3.8%	3.8%	3.4%	4.5%	3.9%	3.8%	3.3%	4.1%	1.9%
2018	3.8%	3.9%	3.4%	4.5%	3.9%	3.8%	3.3%	4.2%	2.0%
2019	3.8%	3.9%	3.5%	4.5%	3.9%	3.7%	3.4%	4.2%	2.0%
2020	3.9%	3.9%	3.5%	4.5%	3.9%	3.6%	3.5%	4.3%	2.0%

Nota: EMS del Proyecto de la Carretera San José, elaboración propia.

Usando el valor de $r=3.9\%$ para el cálculo respectivo

Se puede usar el factor de crecimiento total, mediante producto (G x Y),

Factor de Crecimiento Total

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

Factor de Crecimiento (Obtenido del libro "Pavement Analysis and Design" de Yang H. Huang).

FACTOR DE DISTRIBUCIÓN DE DIRECCIÓN (D)

Existiendo tránsito en dos sentidos, se toma igual a 0.5 para distribuir en tráfico en dos partes.

FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR CARRIL (L)

Cuando existen dos carriles en una dirección, este factor debe estar entre 0,8 a 1, en nuestro caso existe un solo carril, por lo tanto, se toma como 1

PERIODO DE ANÁLISIS O PERIODO DE DISEÑO (Y)

Un pavimento debe ser diseñado para soportar el efecto acumulativo del tráfico durante cualquier periodo de tiempo. El periodo seleccionado en años, para el cual se diseña el pavimento se denomina Periodo de Diseño o Período de Análisis. En este caso definiremos el período de diseño en base a la Guía AASHTO que se reproduce en la Tabla 28. Como la vía a construir está en una zona urbana y va a soportar un volumen bajo del tráfico, tomamos 20 años como Período de Diseño.

Tabla 28: Cuadro para el Periodo de Análisis en años

Clasificación de la Vía	Periodo de Análisis (años)
Volumen Alto – Urbano	30-50
Volumen Alto – Rural	20-50
Volumen Bajo – Pavimento	15-25
Volumen Bajo – De Agregado en la Superficie	10-20

Nota: EMS del Proyecto de la Carretera San José, elaboración propia.

Tabla 29: Obtención del ESAL final

FI=	2.5	Indice de serviciabilidad (bondad de servicio)	L2=1	Eje Simple								
D=	9	Espesor de la losa en Pulgadas	L2=2	Eje Tandem								
Lx=		Carga en Kips sobre un eje Simple, Tandem y tridem	L2=3	Eje Tridem								
L2=	1, 2, 3	Codigo de eje										
EALF = FACTOR DE EJE DE CARGA EQUIVALENTE :												
Es el número de cargas equivalentes que definen el daño por paso, sobre una superficie de rodadura debido al eje en cuestión, en relación al paso de un eje de carga Standár, que usualmente es de 18 Kips=18000lb Calculado mediante las siguientes expresiones												
$\text{LOG}\left(\frac{W}{W_{18}}\right) = 4.62 \text{LOG}(18+1) - 4.62 \text{LOG}(L_1+L_2) + 3.28 \text{LOG}(L_2) + \frac{G_1 - G_2}{B_1} - \frac{G_1}{B_2}$ $B_{18} = 1 + \frac{3.63(18+1)^{1.2}}{(D+1)^{0.8}}$ $B_1 = 1 + \frac{3.63(L_1+L_2)^{1.2}}{(D+1)^{0.8} L_2^{0.7}}$ $G_1 = \text{LOG}\left(\frac{4.2-P}{4.2-1.5}\right)$ $\text{EALF} = \frac{W_{18}}{W}$												
B ₁₈ = 1.056 Para Lx=18 y L2=1 G ₂ = -0.201												
MEDIO DE TRANSPORTE	IMDA	REPO TOTAL (Th)	REPO POR EJES (Th)			REPO TOTAL (Kips)	Le POR EJES (Kips)	L2	B _e	EALF (POR EJE)	FACTOR CAMION (FC=EALF ²)	FC*IMDA
			EJE	%	Lx							
VEHICULOS MENORES												
CATEGORIA " L "												
MOTOCAR / MOTO LINEAL	34655	0.30	Det.	30.0%	0.09	0.661	0.196	1	1.000	0.0000029	0.000010	0.5612564
			Post. 01	70.0%	0.21		0.463	1	1.000	0.0000073		
VEHIC. MAYOR												
CATEGORIA " M "												
AUTOMOVILES	1133	3.00	Det.	50.0%	1.50	6.008	3.304	1	1.000	0.0010748	0.002150	2.4829434
STATION WAGON			Post. 01	50.0%	1.50		3.304	1	1.000	0.0010748		
			Det.	50.0%	1.75	7.709	3.855	1	1.000	0.0018744	0.003749	2.0053272
			Post. 01	50.0%	1.75		3.855	1	1.000	0.0018744		
CAMIONETA PICK UP	333	3.00	Det.	50.0%	2.50	11.013	5.507	1	1.000	0.0072527	0.014505	8.3511602
			Post. 01	50.0%	2.50		5.507	1	1.000	0.0072527		
TRUEN	576	5.00	Det.	50.0%	2.50	11.013	5.507	1	1.000	0.0072527	0.014505	1.3932826
			Post. 01	50.0%	2.50		5.507	1	1.000	0.0072527		
COACH	95	5.00	Det.	50.0%	3.50	15.419	7.709	1	1.001	0.0278842	0.055766	16.0992367
			Post. 01	50.0%	3.50		7.709	1	1.001	0.0278842		
BUS (B2)	289	7.00	Det.	38.9%	7.00	38.646	15.419	1	1.026	0.5158669	3.963575	612.3844225
			Post. 01	61.1%	11.00		24.229	1	1.245	3.4677077		
BUS (B3-1)	204	18.00	Det.	30.4%	7.00	50.601	15.419	1	1.026	0.5158669	2.732106	371.6226268
			Post. 01	69.6%	16.00		35.242	2	1.162	2.2163193		
BUS (B4-1)	136	23.00	Det.	40.7%	14.00	66.079	30.837	2	1.064	1.2748456	3.481165	73.7194276
			Post. 01	59.3%	16.00		35.242	2	1.162	2.2163193		
BUS (B4-1)	21	30.00	Det.	28.0%	7.00	55.006	15.419	1	1.026	0.5158669	4.499441	2.0814138
			Post. 01	44.0%	11.00		24.229	1	1.245	3.4677077		
			Post. 02	28.0%	7.00		15.419	1	1.026	0.5158669		
VEHICULOS PESADOS												
CATEGORIA " N "												
C-CAMION												
CAMION (C2)	10	18.00	Det.	38.9%	7.00	38.646	15.419	1	1.026	0.5158669	3.963575	40.7805460
			Post. 01	61.1%	11.00		24.229	1	1.245	3.4677077		
CAMION (C3)	4	25.00	Det.	28.0%	7.00	55.006	15.419	1	1.026	0.5158669	4.067125	14.7036615
			Post. 01	72.0%	16.00		39.646	2	1.290	3.5712579		
CAMION (C4) 2	2	30.00	Det.	23.3%	7.00	66.079	15.419	1	1.026	0.5158669	3.588177	7.1574241
			Post. 01	76.7%	23.00		50.661	3	1.260	3.0723106		
CAMION (C4) 2	2	32.00	Det.	43.0%	14.00	70.405	30.837	2	1.064	1.2748456	4.646104	11.2060667
			Post. 01	56.3%	16.00		39.646	2	1.290	3.5712579		
CATEGORIA " O "												
TS-TRACTO CAMION + SEMIREMOLQUE												
T202	3	36.00	Det.	19.4%	7.00	79.295	15.419	1	1.026	0.5158669	7.554632	26.1000133
			Post. 01	30.6%	11.00		24.229	1	1.245	3.4677077		
			Post. 02	50.0%	16.00		39.646	2	1.290	3.5712579		
T203	1	43.00	Det.	16.3%	7.00	94.714	15.419	1	1.026	0.5158669	8.255941	7.6362955
			Post. 01	25.6%	11.00		24.229	1	1.245	3.4677077		
			Post. 02	58.1%	25.00		55.066	3	1.382	4.2723669		
T301	1	36.00	Det.	19.4%	7.00	79.295	15.419	1	0.404	1.0066264	12.872056	14.2529122
			Post. 01	50.0%	10.00		39.646	2	0.409	4.2038130		
			Post. 02	30.6%	11.00		24.229	1	0.417	7.6026196		
T302	0	43.00	Det.	16.3%	7.00	94.714	15.419	1	1.026	0.5158669	7.656363	3.5427207
			Post. 01	41.9%	16.00		39.646	2	1.290	3.5712579		
			Post. 02	41.9%	16.00		39.646	2	1.290	3.5712579		
T304	0	47.00	Det.	14.9%	7.00	103.524	15.419	1	1.026	0.5158669	11.022540	5.0589593
			Post. 01	38.3%	16.00		39.646	2	1.290	3.5712579		
			Post. 02	23.4%	11.00		24.229	1	1.245	3.4677077		
			Post. 03	23.4%	11.00		24.229	1	1.245	3.4677077		
T303	20	50.00	Det.	14.0%	7.00	110.132	15.419	1	1.026	0.5158669	8.359492	164.1386765
			Post. 01	36.0%	16.00		39.646	2	1.290	3.5712579		
			Post. 02	50.0%	25.00		55.066	3	1.382	4.2723669		
CR-CAMION + REMOLQUE												
C204	1	61.00	Det.	11.5%	7.00	134.361	15.419	1	1.026	0.5158669	11.225641	9.4450229
			Post. 01	29.5%	16.00		39.646	2	1.290	3.5712579		
			Post. 02	29.5%	16.00		39.646	2	1.290	3.5712579		
			Post. 03	29.5%	16.00		39.646	2	1.290	3.5712579		
INDICE MEDIO DIARIO ANUAL												
	97791										± =	1965
r =	3.90%	Tasa de crecimiento						$(G)(F) = \frac{(1+r)^Y - 1}{r}$				
Y =	20	Periodo de diseño										
G =		Factor de de crecimiento										
D =	0.3	Factor de Distribución en Dirección						$(G)(Y) = 29.4709962$		FACTOR DEL TRAFICO VEHICULAR ACUMULADO		
L =	1	Factor de Distribución por Carril										
$ESAL = \sum_{i=1}^{i=m} \text{FACTORCAMION}_i \times \text{IMD}_i (G)(D)(L)(Y) \times 365$												
											6,577,997.61	

Nota: EMS del Proyecto de la Carretera San José, elaboración propia.

El ESAL elegido para el diseño es de 8'577,697.61. Para efectos diseño se considerará 8.70E+06 para todos los tramos porque de acuerdo al estudio de tráfico es el más representativo, dado que se presentaron condiciones reales durante el conteo de tráfico. Las intersecciones principales tendrán su propio diseño de pavimento.

DISEÑO DEL PAVIMENTO

Para el diseño del pavimento se empleará el método de la AASHTO, para lo cual se hará un cálculo manual, usando nomogramas.

MÉTODO DE DISEÑO AASHTO

En el presente estudio, se utiliza como primer Método el Diseño propuesto por la AASHTO para diseñar el espesor del pavimento, en concordancia con los términos de referencia, dado a que sigue una metodología racional que se adecua a nuestros propósitos.

La guía del diseño para el pavimento de concreto hidráulico se desarrolló al mismo tiempo que para los pavimentos de concreto asfáltico y se publicó en el mismo manual. El plan es basado en las ecuaciones empíricas obtenidas de la "AASHTO Camino de Prueba con Modificaciones Varias", basadas en la teoría y experiencia.

Las ecuaciones básicas desarrolladas por la "AASHTO Camino de Prueba para los Pavimentos Rígidos" están en el mismo formulario como aquellos para los pavimentos flexibles, pero con valores diferentes para las constantes de la regresión. Las ecuaciones fueron modificadas posteriormente para incluir muchas variables no consideradas en la AAS HTO Camino de Prueba.

Las ecuaciones de la regresión son:

Ecuaciones de Regresión

$$\text{Log } W_{18} = Z_R \times S_n + 7.35 \text{Log}(D+1) - 0.06 + \frac{\text{Log} \left[\frac{(\Delta PSI)}{(4.5-1.5)} \right]}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{0.14}}} + (4.22 - 0.32 p_i) \log \left(\frac{S'c \times Cd(D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times JD - \frac{18.42}{(Ec/k)^{0.25}}} \right)$$

Donde:

W18 = Número previsto de aplicaciones de carga por eje simple equivalente a 18 kip (ESAL).

ZR = Desviación estándar normal (Que depende de la confiabilidad R).

So = Desviación estándar total

D = Espesor (en pulgadas) de la losa de pavimento.

Δ PSI = Diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial de diseño (po) y el índice de serviciabilidad terminal de diseño (pt).

S'c = Módulo de rotura (psi) del concreto de cemento portland usado en un proyecto específico.

J = Coeficiente de transferencia de carga usado para adaptarse a las Características de transferencia de carga de un proyecto específico.

Cd = Coeficiente de Drenaje.

Ec = Módulo de elasticidad (psi) del concreto de cemento Pórtland.

k = Módulo de reacción de la subrasante (pci).

A continuación, se determinan cada uno de los parámetros señalados para proceder luego a la obtención del espesor del pavimento.

PARÁMETROS DE DISEÑO

1. NÚMERO PREVISTO DE APLICACIONES DE CARGA W18 (ESAL)

Está determinado por el número de repeticiones de pasadas de un eje estándar de 18000 lb sobre la sección del pavimento a diseñar. Resulta de la conversión en el futuro de todos los ejes de carga en su equivalente del eje estándar.

Este valor fue obtenido en el capítulo anterior; para los efectos de diseño se tomará 8.70E+06 repeticiones de carga.

2. DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL Z_R

La desviación estándar normal es un parámetro que depende de la confiabilidad R, que a su vez depende de varias consideraciones.

Para definir la confiabilidad es preciso tener presente varios factores como son el mantenimiento, las condiciones ambientales, el tráfico y el período de diseño. Una vez establecida R se puede tomar un valor de Z_R de la Tabla 30

Tabla 30: Desviación Estándar Normal correspondiente a diferentes

Confiabilidad R (%)	Desviación Estándar Normal Z _R
50	-0.00
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
Confiabilidad R (%)	Desviación Estándar Normal Z _R
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Nota: EMS del Proyecto de la Carretera San José, elaboración propia.

En nuestro caso, considerando que podrían fallar el mantenimiento y el tráfico podría ser excedido, como también las condiciones ambientales sufran procesos extraordinarios, se tomará un R de 80%, correspondiéndole un Z_R de - 0.841

3. DESVIACIÓN STANDAR TOTAL S_0

Depende de la precisión o extensión de la evaluación del factor tráfico para el futuro y de otras variantes asociadas con los modelos de comportamiento de pavimentos.

El rango de valores S_0 estimado con la Carretera Experimental AASHTO y los modelos de comportamiento del pavimento original presentados en las Guías de Diseño previas en 1972 y 1981 para pavimentos rígidos es: 0.30 a 0.40.

El extremo más bajo corresponde a una evaluación de datos realizado con un programa poco extenso, mientras que el extremo más alto define a una valoración del tráfico con mayor tiempo y precisión.

En el estudio se ha realizado con un tiempo relativamente corto, por consiguiente, se tomará el límite inferior para S_0 , es decir igual a 0.30

4. PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD ΔPSI

Representa la pérdida de capacidad de servicio debido a las fallas de la estructura del pavimento y desgaste de la capa de rodadura. Numéricamente resulta de restar al índice de serviciabilidad inicial (po) el índice de serviciabilidad Terminal o presente (pt).

El AASHTO considera para pavimentos de concreto hidráulico un índice inicial de 4.5 y un índice terminal de 2.5. Por lo tanto, la pérdida de serviciabilidad será 2.0, lo que quiere decir que la máxima posibilidad de deterioro de la capacidad de servir con eficiencia del pavimento será en esa magnitud. Luego de esto se decidirá por una nueva obra.

5. MÓDULO DE ROTURA DEL CONCRETO S'_c

El módulo de rotura del concreto (S'_c) es representado por la resistencia del concreto a la flexión que para efectos de diseño, el procedimiento es mediante el criterio de fatiga, que controla el agrietamiento por la repetición de las cargas en el período de diseño.

El pavimento se diseña a flexión más NO a compresión, porque estas condiciones (flexo compresión) son las más críticas por efecto de la temperatura, por el efecto de las subrasantes de suelos expansivos y por el efecto de las cargas en el pavimento apoyado en suelos flexibles.

En ese sentido, las pruebas que se deben realizar son las pruebas de resistencia a la flexión del concreto conocido como módulos de rotura (S_c). Este está regulado por la Norma ASTM C78 y sus valores deben estar entre 42 y 50K g/cm² dependiendo del tipo de servicio que va a dar el pavimento.

Como en la zona no hay los equipos, existe una relación entre la resistencia a la compresión (f'_c) y la resistencia por flexión o flexo compresión (f'_r).

Diversas investigaciones han determinado que este módulo de rotura se encuentra entre 0.10 años y 0. 18 de la resistencia a compresión. Estos coeficientes dependen de la relación Agua/Cemento que por lo general son altos por las condiciones de la mano de obra y un mal control de obra, reduciendo la calidad del concreto.

Entonces si trabajamos con una resistencia de

$f'_c = 210\text{Kg/cm}^2$ se tendría una resistencia

$f'_r = 0.18 \times 210 = 37.80\text{Kg/cm}^2 = 537 \text{ psi}$

$f'_c = 245\text{Kg/cm}^2$ se tendría una resistencia

$f'_r = 0.18 \times 245 = 44.10\text{Kg/cm}^2 = 620 \text{ psi}$

Por lo tanto, la resistencia a la compresión mínima que debe tener un pavimento debe ser de 245Kg/cm², cuyo módulo de rotura en el mejor de los casos es 44.10Kg/cm² superior a 42Kg/cm²

6. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA "J "

Transferencia de cargas entre losas adyacentes, se produce cuando la rueda de un vehículo pasa de un lado al otro, para evitar las deflexiones que pueden dar origen a los procesos de bombeo y erosión del material de base.

Con esta finalidad se realizan las juntas de contracción que dan origen a la trabazón de agregados, adicionalmente se pueden incluir también los dowels y las barras de amarre en las juntas longitudinales.

Cuando se han tomado las previsiones indicadas, el AASHTO recomienda usar la Tabla 31, de donde para una pavimentación de concreto simple o reforzado, que contará con sardineles de concreto y dowels en las juntas, se escoge un coeficiente J igual a 3.0.

Tabla 31: Coeficientes de transferencia de cargas recomendado para varios tipos de pavimento y condiciones de diseño (AASHTO)

TIPO DE PAVIMENTO	BERMAS DE ASFALTO		SARDINELES DE CONCRETO	
	ELEMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CARGA		ELEMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CARGA	
	SI	NO	SI	NO
De concreto simple o reforzado, con junta	3.2	3.8 a 4.4	2.5 a 3.1	3.6 a 4.2
Pavimento de concreto continuamente reforzado, sin junta	2.9 a 3.2	N/A	2.3 a 2.9	N/A

Nota: EMS del Proyecto de la Carretera San José, elaboración propia.

7. COEFICIENTE DE DRENAJE Cd

El AASHTO recomienda usar la Tabla 32, de allí obtenemos para un porcentaje de tiempo mayor del 25% que la estructura del pavimento que estará sometido a niveles de humedad cercanos a la saturación y una calidad de drenaje con un Cd igual a 1.0.

Tabla 32: Coeficientes de drenaje recomendados para el diseño de pavimentos (AASHTO)

CALIDAD DE DRENAJE	PORCENTAJE DE TIEMPO EN QUE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ES EXPUESTA A NIVELES DE HUMEDAD CERCANAS A LA SATURACION			
	Menos del 1	1 a 5	5 a 25	Mayor de 25
Excelente	1.25 a 1.20	1.20 a 1.15	1.15 a 1.10	1.10
Bueno	1.20 a 1.15	1.15 a 1.10	1.10 a 1.00	1.00
Regular	1.15 a 1.10	1.10 a 1.00	1.00 a 0.90	0.90
Pobre	1.10 a 1.00	1.00 a 0.90	0.90 a 0.80	0.80
Muy pobre	1.00 a 0.90	0.90 a 0.80	0.80 a 0.70	0.70

Nota: Memoria de Cálculo de Proyecto Carretera San José, elaboración propia.

8. MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO E_c

El valor del módulo de elasticidad del concreto se encuentra en el Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma E. 060 del Concreto, cuyo valor esta dado por

Módulo de Elasticidad del concreto

$$E = 15000 \sqrt{f'_c} = 217370.65 \text{ kg/cm}^2 = 3'372,165.47 \text{ psi. } < 3.3 \times 10^6 \text{ psi}$$

9. MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE k

Con esta finalidad, la Guía AASHTO propone la siguiente ecuación de correlación:

$$\text{Suelos Finos C. B.R. } \leq 7 \% \quad : \quad M_r \text{ (lb/pulg}^2\text{)} = 1.500 \text{ C. B.R.}$$

$$\text{Suelos Finos C. B.R. } > 7 \leq 15 \% \quad : \quad M_r \text{ (lb/pulg}^2\text{)} = 2,555 \text{ C. B.R.}^{0.64}$$

$$\text{Suelos Granulares C.B.R.} > 15\% : M_r \text{ (lb/pulg}^2\text{)} = 3,116 \text{ (C.B.R.)}^{0.67797}$$

$$\text{Para todos los casos} \quad : \quad k = M_r / 19.4 \text{ (lb/pulg}^3\text{)} \text{ (pci)}$$

En la siguiente Tabla 33, se presenta un resumen de las características mecánicas de la subrasante para nuestro proyecto, donde el CBR corresponde

al 95% de la máxima densidad seca para una penetración de 0.1" del menor valor, obtenido en el estudio de mecánica de suelos.

Tabla 33: Conversión de los CBR en su equivalente k

ZONA	CBR	Mr	K
GEOTECNICA	(%)	(lb/pul ²)	(lb/pul ³) (pci)
VIA SAN JOSE	1.70	2550	131.44

Nota: Memoria de Cálculo de Proyecto Carretera San José, elaboración propia.

A su vez, cuando se colocan capas de base sobre la subrasante se pueden adicionar geosintéticos para mejorar la resistencia o utilizar como elementos de filtro, los valores del k anterior serán mejorados. Asimismo, se presentarán pérdidas en la capacidad de soporte (Ls) por efectos ambientales

Tabla 34: Efecto de una subbase no tratado sobre el valor k de la subrasante

VALOR k DE LA SUBRASANTE (pci)	VALOR k DEL CONJUNTO SUBRASANTE – SUBBASE (pci)			
	Subbase 4 pul	Subbase 6 pul	Subbase 9 pul	Subbase 12 pul
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Nota: Memoria de Cálculo de Proyecto Carretera San José, elaboración propia.

subrasante con un k=300 pci

subbase de 8"

valor k del conjunto interpolando es 356.67

incrementó de la capacidad de soporte es 19%.

En este proyecto se colocará una subbase de similar espesor, pero el k de la subrasante es mayor a 300. Por estas consideraciones tomaremos un mejoramiento del 20% para calcular el nuevo k, que se realiza en la Tabla 35

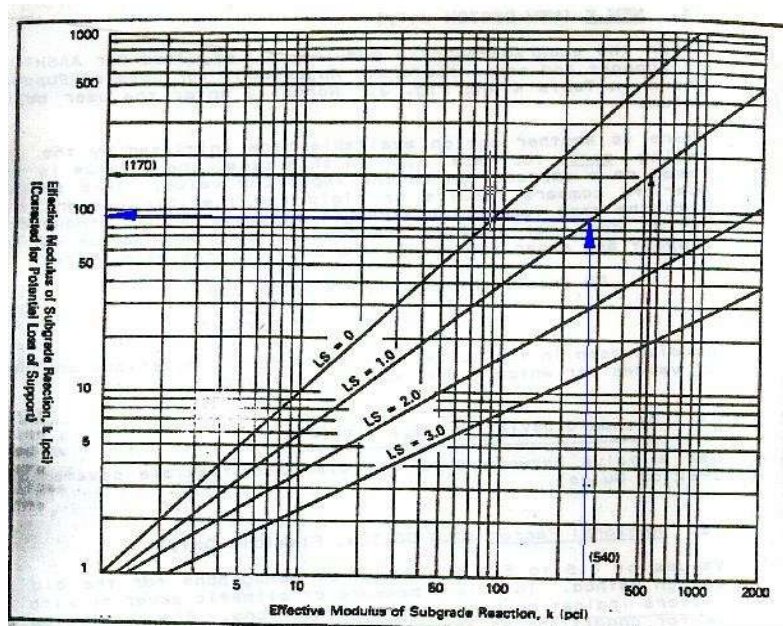
Tabla 35: Nuevo k por efecto de la sub base

ZONA	K inicial (lb/pul ³)	K mejorado (lb/pul ³)
GEOTECNICA		
VIA SAN JOSE	131.44	158

Nota: Estudio de Tráfico Carretera San José

AASHTO considera para suelos naturales de grano fino de la subrasante cuyo módulo elástico es menor a 40,000 psi, pero que ha sido mejorado por una sub base, que la pérdida de soporte (Ls) está entre 1 a 3. Usando el coeficiente 1 en la Figura 31, con la flecha de color azul, se logra obtener los coeficientes k definitivos para la progresivas en la Figura 31.

Figura 31: Correlación del módulo corregido k de la subrasante y el módulo definitivo afectado por el potencial de pérdida de soporte



Nota: Guía AASHTO En: Modelo para estimar el módulo de resiliencia de suelos finos compactados en la condición óptima de compactación por Pérez, N., Garnica, P., González, J., Curiel, N. y Ruiz, M., p. 14.

<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt475.pdf>

Tabla 36: "K" definitivo aplicando la pérdida de soporte (Ls) para nuestro diseño se usará el valor de 92pci = 92 lb/pul³

ZONA	K mejorado	K definitivo
GEOTECNICA	(lb/pul ³)	(lb/pul ³)
VIA SAN JOSE	158	92

Nota: Memoria de Cálculo de Proyecto Carretera San José, elaboración propia.

DISEÑO DEL ESPESOR DEL PAVIMENTO

Utilización de nomogramas como las mostradas en las figuras 32 y 33.

Las flechas rojas indican el proceso de cálculo del espesor del pavimento, resultando una losa de concreto de 8".

DATOS DE DISEÑO

$K = 92\text{pci}$ ("K" definitivo)

$E_c = 3.37\text{E}+06\text{psi}$ (Módulo de elasticidad del concreto para $f'_c = 245\text{ Kg/cm}^2$)

$S_c = 44.10\text{ Kg/cm}^2 = 627\text{psi}$ (Modulo de rotura del concreto)

$J = 3.0$ (Coeficiente de transferencia de carga)

$C_d = 1.1$ (Coeficiente de drenaje)

Se obtiene la Línea de Empalme = 60

Figura 32: Carta de diseño para pavimentos de concreto hidráulico, basada en valores medios de cada parámetro (segmento 1)

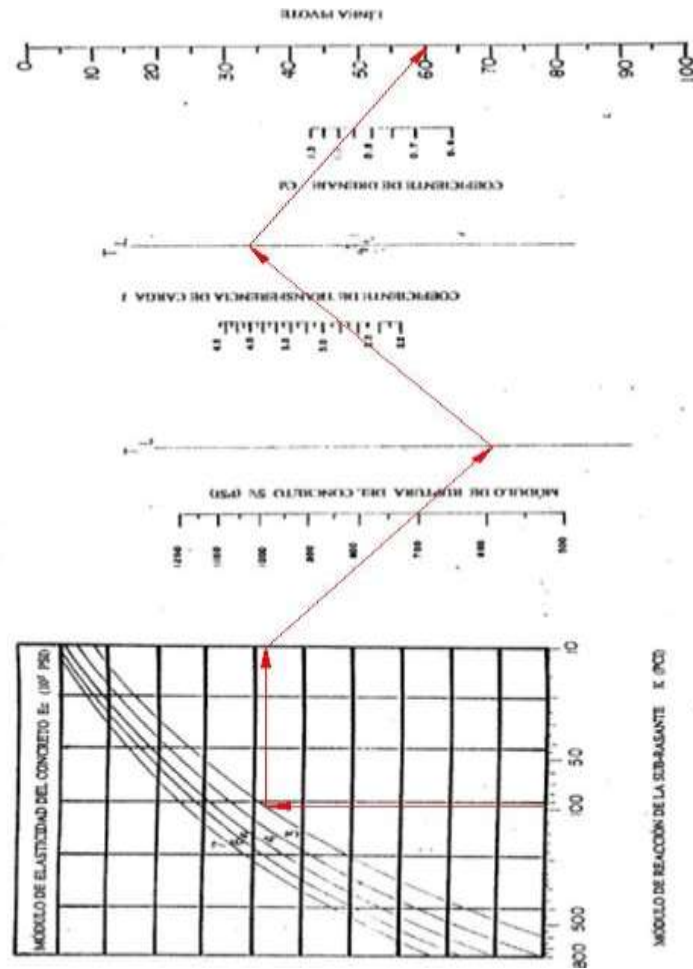


FIGURA No 3.1

Nota: Guía AASHTO En: Modelo para estimar el módulo de resiliencia de suelos finos compactados en la condición óptima de compactación por Pérez, N., Garnica, P., González, J., Curiel, N. y Ruiz, M., p. 14.

<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt475.pdf>

Línea de Empalme = 60

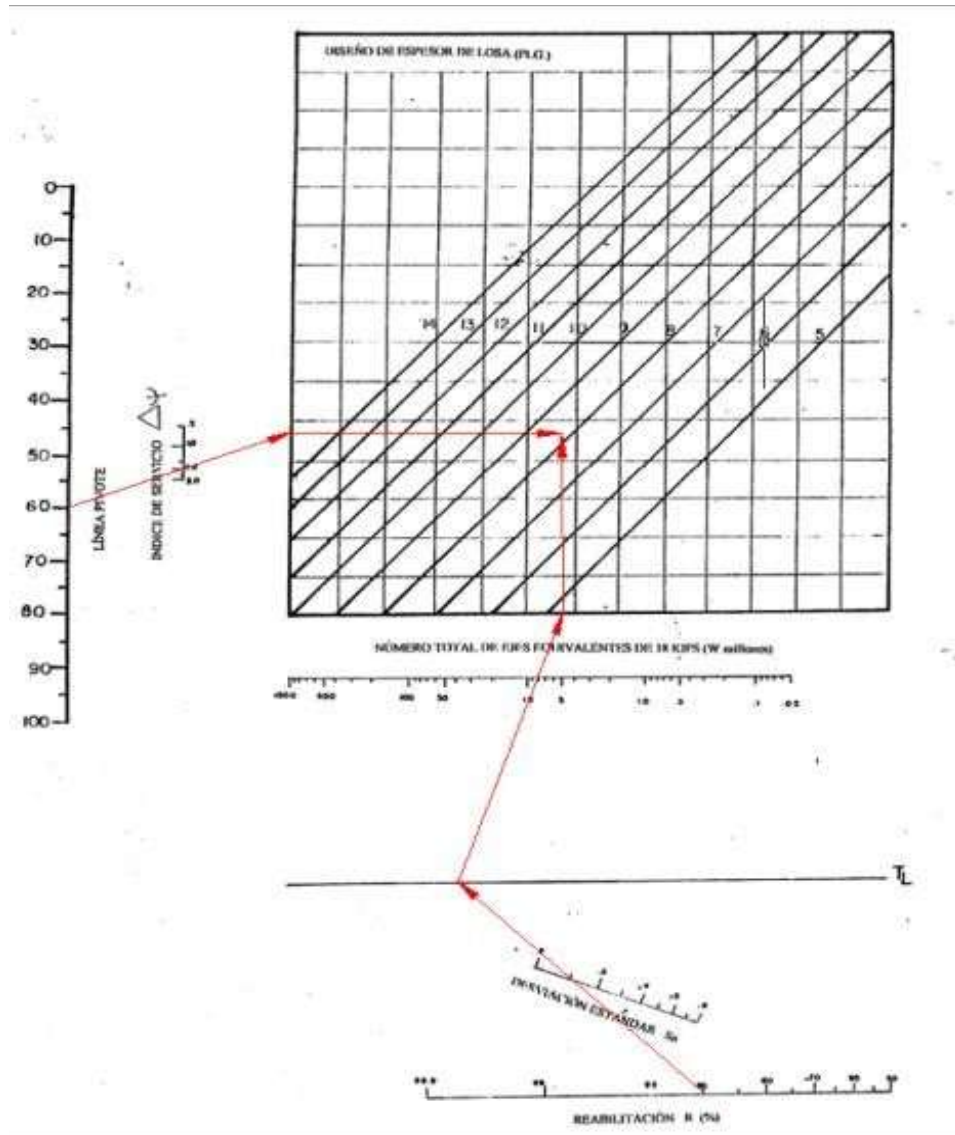
Δ PSI = 2 (Pérdida de serviciabilidad)

R = 80% (Confiability)

So = 0.3 (Desviación estándar total)

ESAL = 8.70E+06

Figura 33: Continuación - Carta de diseño para pavimentos de concreto hidráulico, basada en valores medios de cada parámetro (segmento 2)





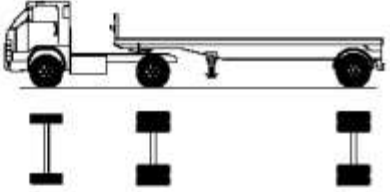
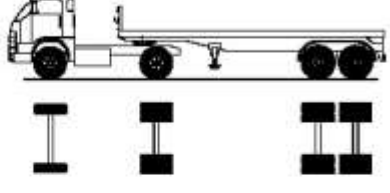
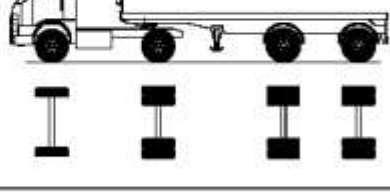
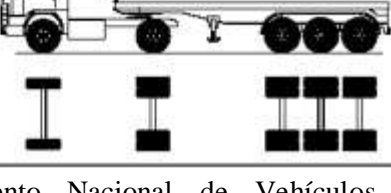


Nota: Guía AASHTO En: Modelo para estimar el módulo de resiliencia de suelos finos compactados en la condición óptima de compactación por Pérez, N., Garnica, P., González, J., Curiel, N. y Ruiz, M., p. 14.

<https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt475.pdf>

Como resultado, se obtiene una losa de pavimento de 8" de espesor de resistencia $f'c=245\text{Kg/cm}^2$, con ESAL de $8.70\text{E}+06$ de repeticiones de carga para el periodo de diseño. Las intersecciones de vía tendrán su propio diseño de pavimento.

Tabla 37: Pesos y medidas máximas permitidas

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS								
Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)	
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1°	2°	3°		4°
C2		12,30	7	11	—	—	—	18
C3		13,20	7	18	—	—	—	25
C4		13,20	7	23 ^{1/3}	—	—	—	30
8x4		13,20	7+7 ^{2/3}	18	—	—	—	32
T2S1		20,50	7	11	11	—	—	29
T2S2		20,50	7	11	18	—	—	36
T2Se2		20,50	7	11	11	11	—	40
T2S3		20,50	7	11	25	—	—	43

Nota: Reglamento Nacional de Vehículos, Sutrán, en <https://www.sutrán.gob.pe/wp-content/uploads/2020/06/Reglamento-Nacional-de-Veh%C3%ADculos-%E2%80%93-DS-N%C2%BA-058-2003-MTC.pdf>

Tabla 38: Pesos y medidas máximas permitidas

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)	
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1º	2º	3º		4º
T2Se3		20,50	7	11	11 ^(a)	18	—	47
T3S1		20,50	7	18	11	—	—	36
T3S2		20,50	7	18	18	—	—	43
T3Se2		20,50	7	18	11	11	—	47
T3S3		20,50	7	18	25	—	—	48 ^(a)
T3Se3		20,50	7	18	11 ^(a)	18	—	48 ^(a)
C2R2		23,00	7	11	11	11	—	40

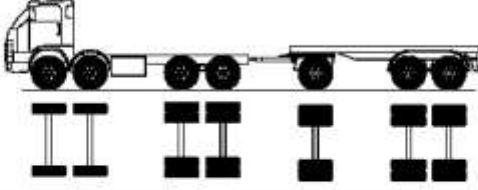
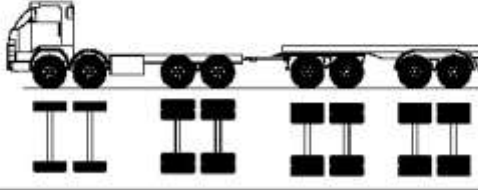
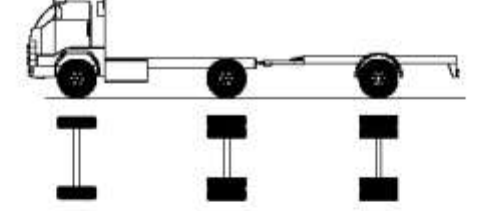
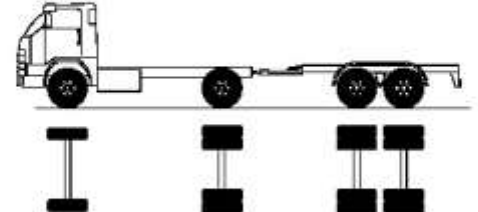
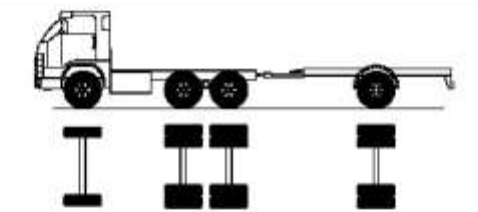
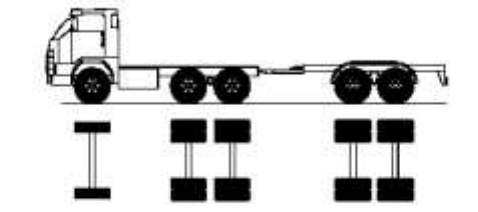
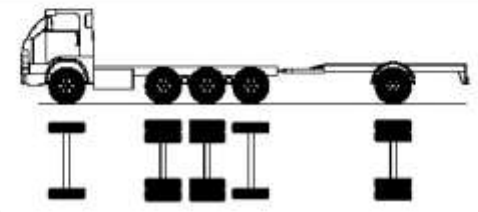
Nota: Reglamento Nacional de Vehículos, Sutrán, en <https://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2020/06/Reglamento-Nacional-de-Veh%C3%ADculos-%E2%80%93-DS-N%C2%BA-058-2003-MTC.pdf>

Tabla 39: Pesos y medidas máximas permitidas

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)	
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1°	2°	3°		4°
C2R3		23,00	7	11	11	18	—	47
C3R2		23,00	7	18	11	11	—	47
C3R3		23,00	7	18	11	18	—	48 ⁽²⁾
C3R4		23,00	7	18	18	18	—	48 ⁽²⁾
C4R2		23,00	7	23 ⁽¹⁾	11	11	—	48 ⁽²⁾
C4R3		23,00	7	23 ⁽¹⁾	11	18	—	48 ⁽²⁾
8x4R2		23,00	7+7 ⁽³⁾	18	11	11	—	48 ⁽²⁾

Nota: Reglamento Nacional de Vehículos, Sutrán, en <https://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2020/06/Reglamento-Nacional-de-Veh%C3%ADculos-%E2%80%93-DS-N%C2%BA-058-2003-MTC.pdf>

Tabla 40: Pesos y medidas máximas permitidas

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)	
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1°	2°	3°		4°
8x4R3		23,00	7+7 ^(a)	18	11	18	—	48 ^(a)
8x4R4		23,00	7+7 ^(a)	18	18	18	—	48 ^(a)
C2RB1		20,50	7	11	11	—	—	29
C2RB2		20,50	7	11	18	—	—	36
C3RB1		20,50	7	18	11	—	—	36
C3RB2		20,50	7	18	18	—	—	43
C4RB1		20,50	7	23 ^(b)	11	—	—	41

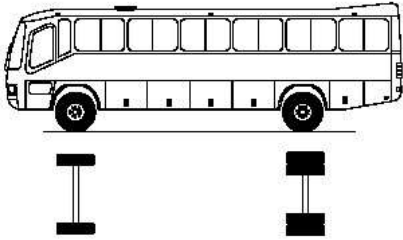
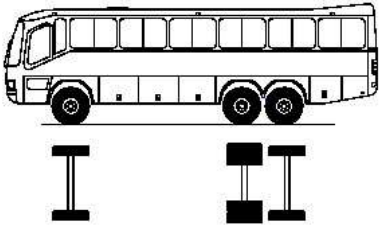
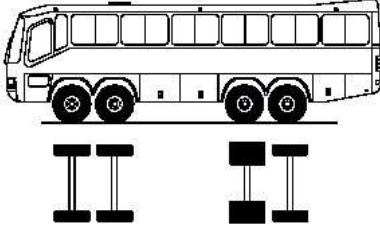
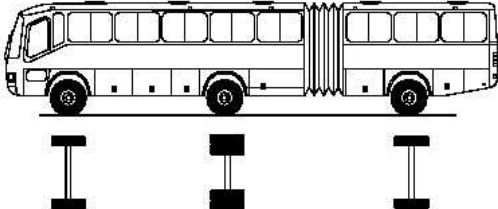
Nota: Reglamento Nacional de Vehículos, Sutrán, en <https://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2020/06/Reglamento-Nacional-de-Veh%C3%ADculos-%E2%80%93-DS-N%C2%BA-058-2003-MTC.pdf>

Tabla 41: Pesos y medidas máximas permitidas

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)	
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1º	2º	3º		4º
C4RB2		20,50	7	23 ⁽¹⁾	18	—	—	48
8x4 RB1		20,50	7+7 ⁽²⁾	18	11	—	—	43
8x4 RB2		20,50	7+7 ⁽²⁾	18	18	—	—	48 ⁽²⁾
T3S2 S2		23,00	7	18	18	18	—	48 ⁽²⁾
T3Se2 Se2		23,00	7	18	11 + 11 ⁽³⁾	11 + 11 ⁽³⁾	—	48 ⁽²⁾
T3S2 S1S2		23,00	7	18	18	11	18	48 ⁽²⁾
T3Se2 S1Se2		23,00	7	18	11 + 11 ⁽³⁾	11	11 + 11 ⁽³⁾	48 ⁽²⁾

Nota: Reglamento Nacional de Vehículos, Sutrán, en <https://www.sutrán.gob.pe/wp-content/uploads/2020/06/Reglamento-Nacional-de-Veh%C3%ADculos-%E2%80%93-DS-N%C2%BA-058-2003-MTC.pdf>

Tabla 42: Pesos y medidas máximas permitidas

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)	
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1°	2°	3°		4°
B2		13,20	7	11	—	—	—	18
B3-1		14,00	7	16	—	—	—	23
B4-1		15,00	7+7 ⁽¹⁾	16	—	—	—	30
BA-1		18,30	7	11	7	—	—	25

Nota: Reglamento Nacional de Vehículos, Sutrán, en <https://www.sutrán.gob.pe/wp-content/uploads/2020/06/Reglamento-Nacional-de-Veh%C3%ADculos-%E2%80%93-DS-N%C2%BA-058-2003-MTC.pdf>

- (1) Conjunto de ejes con un eje direccional
- (2) Vehículos con facilidad de distribución de peso por ejes
- (3) Conjunto de ejes separados compuesto por dos ejes simples donde la distancia entre centros de ruedas es superior a 2,40 m.
- (4) Eje direccional

(5) Carga máxima para conjunto de ejes direccionales compuestos por dos ejes simples donde la distancia entre centros de ruedas es superior a 1,70 m.

6.5 Diseño de la Estructura del Pavimento sin refuerzo, con losa de concreto, aplicando MACREAD

Teniendo en cuenta la carpeta de rodadura de 20cm. de concreto hidráulico calculado en el ítem 6.4, se procederá a complementar el cálculo de los espesores de la estructura del pavimento sin ningún tipo de refuerzo.

Estructura Interna de Material de Relleno:

Para zonas con ausencia de granulometría gruesa. En caso de granulometría gruesa es de expectativa aún mayor y su eficacia de trabazón y alta fricción es evidente.

Por efectos de las recomendaciones del estudio de mecánica de suelos, se refiere a mejorar estratos de material existente, predominando materiales no adecuados para el sistema de vulvo de presiones (método tradicional), siendo el método convencional el retiro total de materiales blandos por relleno estructural. Esta alternativa no es absoluta, sino una de las alternativas convencionales típicas en la zona. Sin embargo, en un sistema de globalización y modernización de la ingeniería e informática nos permite una gran variedad de alternativas como la innovación de aplicativos de geo sintéticos de estructura poliméricas y de gran elongabilidad.

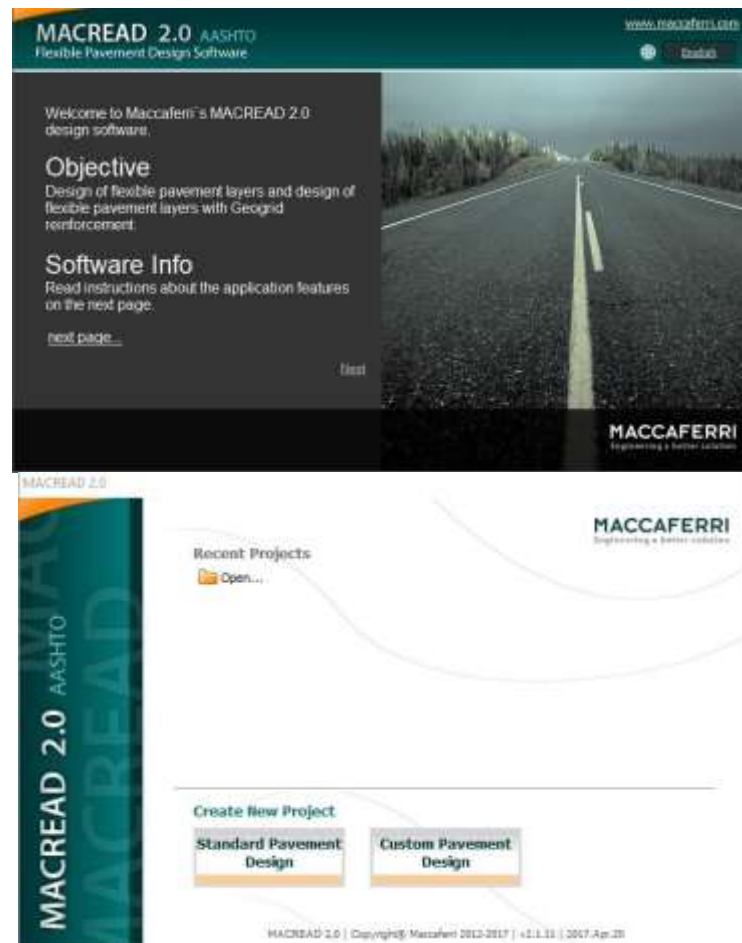
En este capítulo, se efectuará el cálculo de la estructura del pavimento mediante el sistema convencional utilizando el software MACREAD, para posteriormente compararlo con los resultados obtenidos considerando refuerzos con geosintéticos, específicamente Geomalla Biaxial MacGrid EGB 20, con el que se buscará la reducción de espesores de diseño, reducción de sistema de cortes masivos y exploratorios. Se obtendrán ventajas económicas de manera específica en maquinarias pesadas, rendimiento y tablescados, calzaduras según profundidad según sea el caso.

Para nuestro caso el sistema de diseño establece un vulvo de presiones de 3.00 metros de profundidad, es decir pueden existir acordes con estudio de suelos distintas profundidades de excavación o sobrexcaación. Sin embargo, de manera tácita y por nociones preliminares el factor vulnerable es de 3.00 que guardan símil o relación con el diseño de la losa propiamente dicha al conjugar el grado de potencialidad del CBR Insitu y del CBR de Diseño.

Utilización del Software MACREAD

El cálculo se realiza utilizando el método desarrollado por los doctores Giroud y Han (2004), el cual ha sido considerado en el manual de diseño: “Geosynthetic Design & Construction Guidelines” - FHWA NHI-07-092 (agosto 2008)

Figura 34: Software para geomallas MACREAD 2.0



Nota: Software de Maccaferri, Macread 2.0.

Ingresando datos:

CÁLCULOS DE LA SUB RASANTE SIN REFUERZO

Valores de Diseño

Datos

Resultados

de Ciclos de Carga N = 1200
 Prof. De ahuecamiento s = 40
 Carga de por rueda P = 40.0 kN
 Presión ejercida por la estructura P_r = 550 kN
 CBR del Relleno CER_r = 20.00
 CBR de la Sub Rasante CER_s = 2.12
 Valor J de la Geomalla J = 0.65

Fórmula a considerar:

$$h = \frac{0.888 + (0.661 - 1.006J^2) \left(\frac{r}{R}\right)^{1.5} \log N}{(1 + 0.204(P_r - 1))} \left[\frac{P}{\sigma_v} \left(\frac{1}{1 - 0.3e^{-\frac{1}{N_r / CBR_s}}} \right) - 1 \right]$$

Paso 1 - Cálculos Preliminares

r = 0.152 m

	Obtenido	A considerar
Ratio del Módulo de Relleno entre la Sub Rasante	4.03	4.03
P _{ru} no reforzado	7.75 kN	

La sub rasante no puede soportar la carga de la rueda y es necesario colocar un refuerzo

MACCAFERRI

Maccaferri de Perú S.A.C.
 Predio Las Salinas Lote C12-2
 Altura Km 33 -Autopista Lima-Pucallpa - Lima 16 - Perú
 Tel. : (51-1) 430-0292
 Fax. : (51-1) 430-0289
www.maccacferri.com.pe

Se llenan los datos indicados en el sistema y proporcionados del estudio de suelos. En este caso del ensayo de laboratorio más sensible o bajo del CBR=2.12%.

La hoja de cálculo realizará interacciones del método sin refuerzo como con refuerzo.

El sistema constata los valores de diseño y se sujetas a pasos consecutivos a nivel preliminar.

Paso 2 - Caso no Reforzado

J =	0	no hay presencia de Geomalla
N _c =	3.14	valor para el caso sin refuerzo
Espesor del suelo (m) (valor asumido)	1.00	Espesor de la capa de material granular requerido
Primera Iteración h =	0.52	m
Segunda Iteración h =	0.50	m
Tercera Iteración h =	0.50	m ← Se puede considerar este valor como el espesor de la vía sin refuerzo

El sistema realiza interacciones sin insertos(geomallas)

Tabla 43: Interacciones del Sistema MACREAD 2.0 sin refuerzo

CBR	h (m)
	No Reforzado
0.25	1.66
0.50	1.14
0.75	0.91
1.00	0.77
1.25	0.68
1.50	0.61
1.75	0.56
2.00	0.51
2.12	0.50
2.37	0.46
2.62	0.43
2.87	0.41
3.12	0.39
3.37	0.37
3.62	0.35
3.87	0.34

Nota: Software de Maccaferri, Macread 2.0.

Resumen de interacciones del sistema con estructura no reforzada



El sistema nos deriva a interacción final de peralte sin refuerzo (inserto/geomalla). Esto a razón por la que nuestra primera interacción es de máximo 0.50 m por equivalencia, como se observa en la figura. Para efectos de ser conservadores, recomendamos usar los rangos indicados.

6.6 Diseño considerando refuerzo de Geomalla Biaxial, losa de concreto aplicando MACREAD

La colocación de una geomalla biaxial entre las capas estructurales de una vía (pavimentado o no) logra grandes beneficios. Esto se da ya que incrementa el módulo del material granular, mejora la capacidad portante del suelo y reduce las tensiones transmitidas a la subrasante. Este aplicativo permite:

- Reducir el costo inicial de las estructuras de pavimento mediante la reducción de los volúmenes de excavación y reemplazo de materiales proyectados.
- Facilitar las operaciones de construcción de subrasantes muy pobres, compuestas por suelos finos y saturados.
- Economizar tiempos de construcción, particularmente en épocas de lluvia, durante las cuales, las soluciones convencionales demandan operaciones pesadas y dificultosas.

Bajo estas condiciones y sistemas propuestos, asumimos que el comportamiento de los geo sintéticos depara funcionamiento óptimo, perdurable y consistente durante el tiempo.

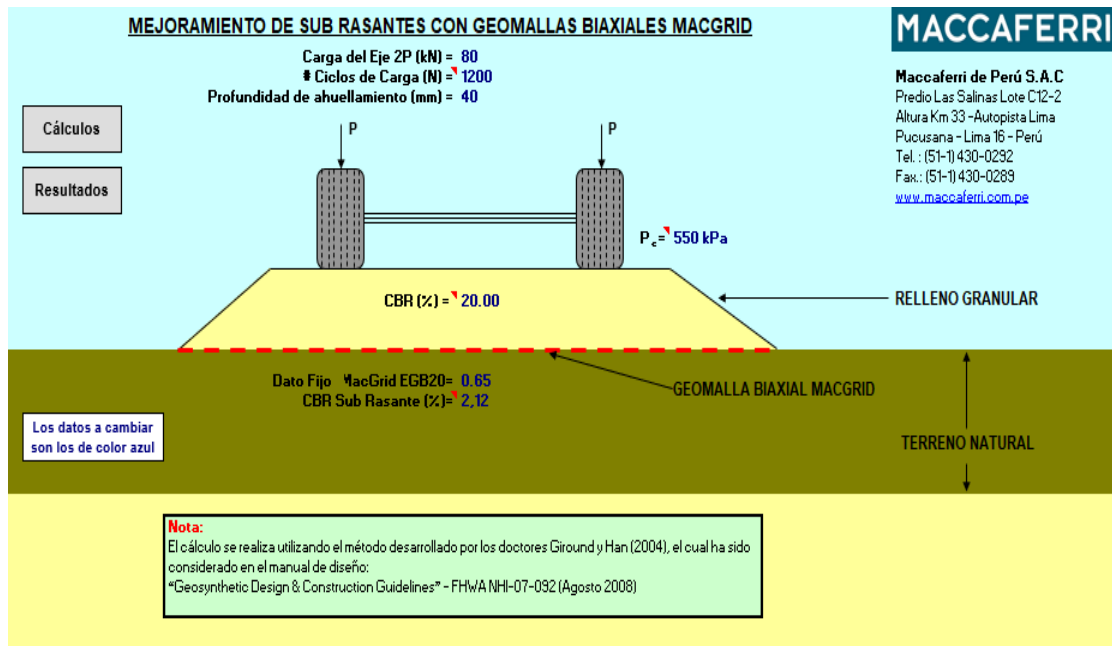
Un factor predominante para la elección de este aplicativo son sus variables de aminorar tiempo en programación de obra con respecto a partidas específicas entre realizar una sobrexcaución versus el aplicativo del geo sintéticos como:

Movimiento de tierra

Mas horas máquinas, operario, combustible, aceite y otros tablescados y en su defecto, propenso a restricciones según sección de vía que a veces dificultan los efectos de vibración complicándose esto ante la presencia de un terreno orgánico.

Otra condición que genera protección en el vulvo de presión es que el sistema de subdrenajes que permite un performance dúctil al evitar o encausar aguas por napas freáticas. O, en su defecto, aguas pluviométricas en zonas de jardinería que percolan en el sistema de drenaje.

Reporte de Mejoramiento de Suelos Blandos



Se llenan los datos indicados en el sistema y proporcionados del estudio de suelos. En el caso del ensayo de laboratorio más sensible o bajo del CBR=2.12%

La hoja de cálculo realizara interacciones del método con refuerzo de geomalla biaxial.

CÁLCULOS DEL MEJORAMIENTO DE SUB RASANTE CON GEOMALLA BIAXIAL MACGRID

MACCAFERRI
 Maccaferri de Perú S.A.C
 Predio Las Salinas Lote C12-2
 Altura Km 33 -Autopista Lima
 Pucucana - Lima 16 - Perú
 Tel.: (51-1) 430-0292
 Fax.: (51-1) 430-0289
www.maccaferri.com.pe

Valores de Diseño

de Ciclos de Carga $N = 1200$
 Prof. De ahueamiento $s = 40$
 Carga de por rueda $P = 40.0 \text{ kN}$
 Presión ejercida por la estructura $P_c = 550 \text{ kN}$
 CBR del Relleno $CBR = 20.00$
 CBR de la Sub Rasante $CBR = 2.12$
 Valor J de la Geomalla $J = 0.65$

Datos

Resultados

Fórmula a considerar:

$$R = \frac{0.88 + (0.66 - 0.06) \left(\frac{s}{b} \right)^{0.7} \log N}{\left[1 + 0.204(P_c - 1) \right]} \left(\frac{P}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.5} \left(\frac{P}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.5} \left[\frac{1 - 0.9e^{-\left(\frac{CBR}{CBR_0} \right)^2}}{CBR_0} \right]^{0.5} \left[\frac{1 - 0.9e^{-\left(\frac{CBR}{CBR_0} \right)^2}}{CBR_0} \right]^{0.5}$$

Paso 1 - Cálculos Preliminares

$r = 0.162 \text{ m}$

Ratio del Modulo de Relleno entre la Sub Rasante

Obtenido	A considerar
4.03	4.03

$P_{\text{rueda}} = 7.75 \text{ kN}$ La sub rasante no puede soportar la carga de la rueda y es necesario colocar un refuerzo

El sistema constata los valores de diseño y se sujetas a pasos consecutivos a nivel preliminar.

Paso 3 - Caso Reforzado

J	=	0.65	con presencia de Geomalla
N_c	=	5.71	valor para el refuerzo con geomallas Biaxiales Coextruidas
Espesor del suelo (m) (valor asumido)	=	0.50	
Primera Iteración	h =	0.28	m
Segunda Iteración	h =	0.21	m
Tercera Iteración	h =	0.18	m ← Se puede considerar este valor como el espesor de la vía con refuerzo

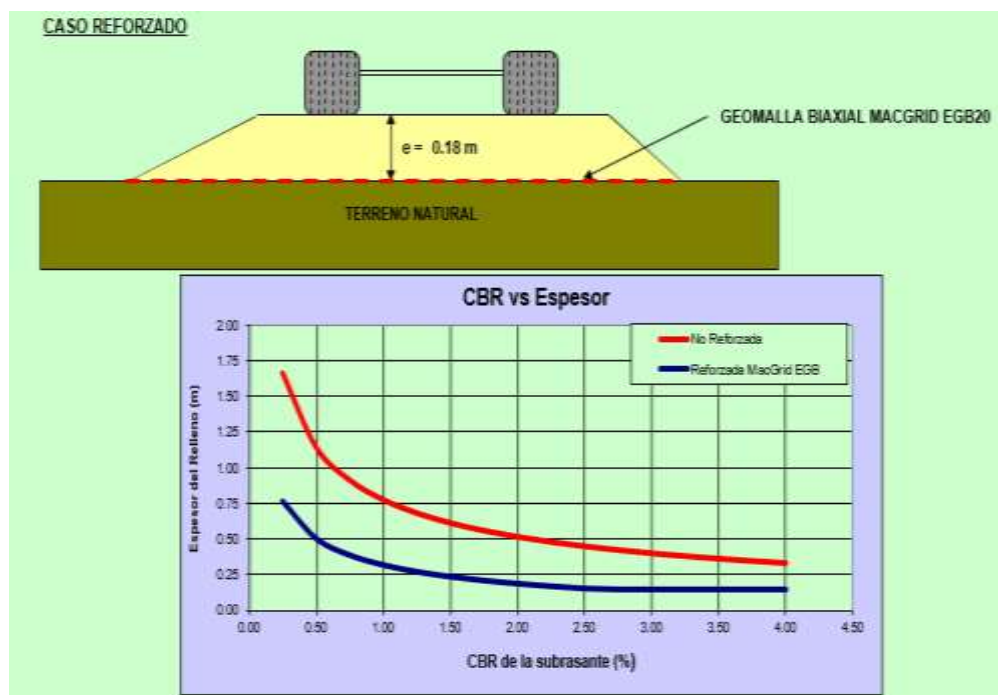
El sistema realiza interacciones con insertos (se evidencian de manera latente los estratos iniciales de interacción).

Tabla 44: Interacciones del Sistema MACREAD 2.0 con refuerzo

CBR	h (m)
	Reforzado
0.25	0.76
0.50	0.50
0.75	0.39
1.00	0.32
1.25	0.27
1.50	0.24
1.75	0.21
2.00	0.19
2.12	0.18
2.37	0.16
2.62	0.15
2.87	0.15
3.12	0.15
3.37	0.15
3.62	0.15
3.87	0.15

Nota: Software de Maccaferri, Macread 2.0.

Resumen de interacciones del sistema con suelo reforzado.

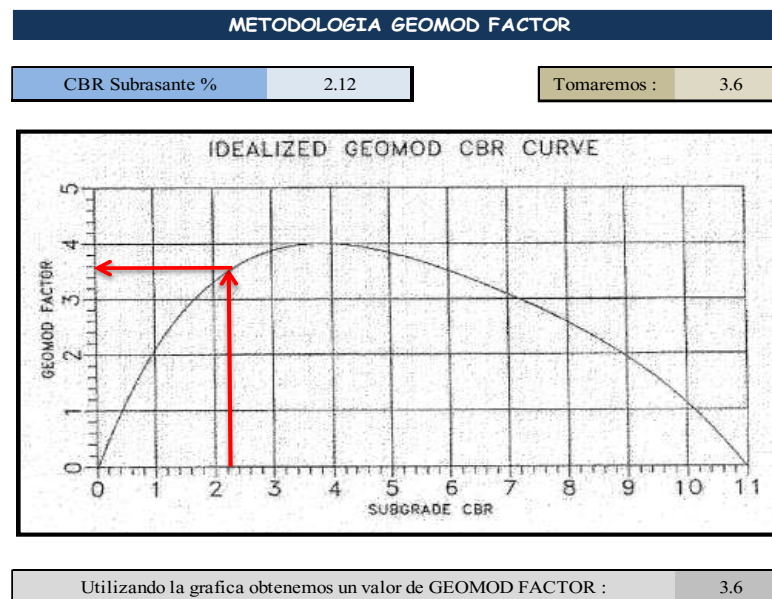


El sistema nos deriva interacciones finales tradicional versus en el aplicativo de la geomalla. En nuestro caso, el pavimento es rígido, estabilizado a nivel de subrasante, razón por la que nuestra primera interacción es de máximo 0.18 m (20 cm) como equivalencia. Como se observa en la figura y para efectos de ser conservadores recomendamos usar los rangos indicados.

Siendo que se ha determinado que el valor de H inicial equivale a 0.18m siendo un valor equivalente superior a $H = 0.20\text{cm}$, se debe realizar interacciones adicionales a fin de prever los estratos de consolidación de niveles que a continuación se expone con los cálculos justificativos.

Como observamos en la curva el máximo de CBR, por lo que debemos potenciar el valor de la geomalla. Siendo así, induciremos a la aplicación del GEOMOD FACTOR (metodología Gary Gregory) equivalencia de idealización de aportes de la geomalla en el suelo accionante y su equivalencia o grado de aporte real del inserto.

Figura 35: Geomod Factor para geomallas



Nota: Software de Maccaferri, Macread 2.0.

Ahora, aplicando la metodología de Garry H. Gregory, usamos un GEOMOD FACTOR igual a 3.60 (ver sección horizontal SUBGRADE CBR tramos del 0 al 11). El dato es de 2.12 (dato suelos) trazo una línea vertical hasta interceptar la curva y de este trazo una línea horizontal hacia la izquierda (ver sección vertical GEOMOD FACTOR tramos del

0 al 5). El dato último de la intersección es de 3.60, es decir multiplicamos $3.60 \times 2.12 = 7.63\%$ mediante los gráficos desarrollados por la FAA y asegurar un módulo de reacción K apropiado.

CALCULO DE LA REACCION K

Para un $CBR \leq 10$, empleamos la siguiente fórmula:

$$K = 2.55 + 52.5 \cdot \log(CBR)$$

Para un $CBR > 10$, empleamos la siguiente fórmula:

$$K = 46 + 9.08 \cdot [\log(CBR)]^{4.34}$$

$$K = 48.89 \text{ MPA/m} \approx 181.07 \text{ PCI}$$

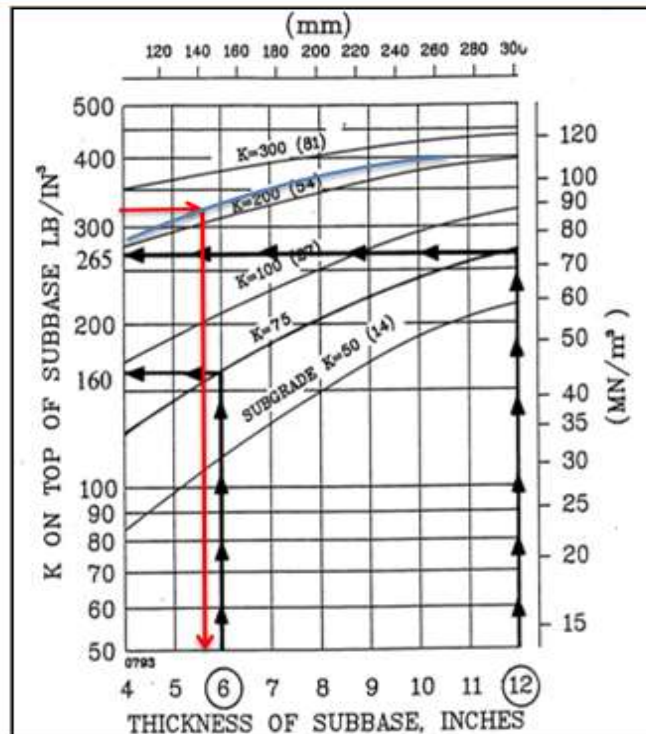
Ahora, necesitamos alcanzar un CBR de : 25.00 % en el tope del mejoramiento, para correlacionar el "K" final con el CBR:

$$K = 84.86 \text{ MPA/m} \quad 314.30 \text{ PCI}$$

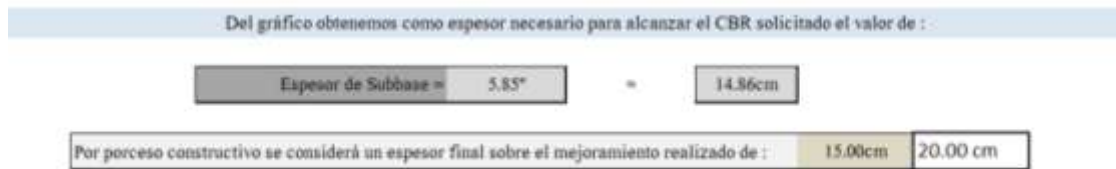
Constructivamente se consideran 20 cm. finales sobre el mejoramiento realizado. (ver Figura 36)

Figura 36: Efecto de la sub base sobre el módulo de reacción del sub grado

EFFECTO DE LA SUBBASE SOBRE EL MODULO DE REACCION DEL SUBGRADO



Fuente



Cuadro de esquemas de tabla a efectos de deducir espesores subsiguientes según peralte a necesidad de consolidar no por reducción, sino por esquematización por niveles de estabilización continua.

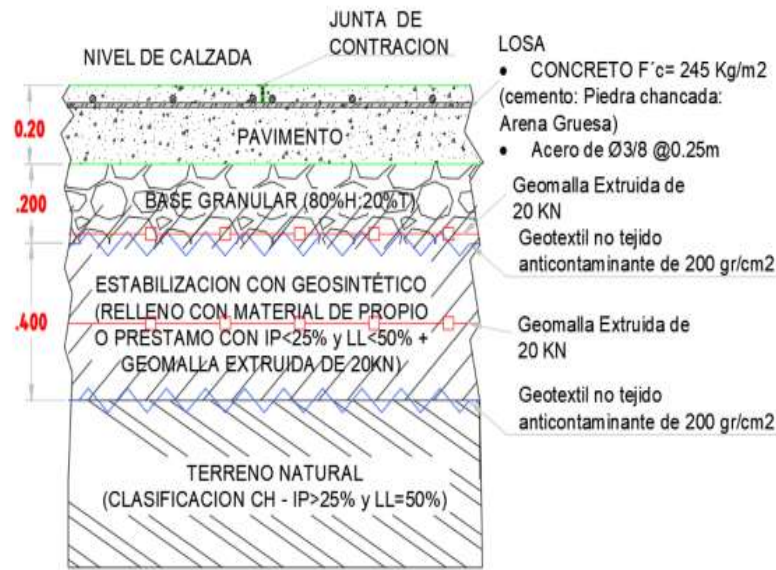
1.- Interfase de consolidación inicial

- Geotextil no tejido 200 gramos: (02 capas)
- Envoltente del sistema de anti migración de suelos en fase inicial tipo invertido del sistema debido al material inerte que resistirá la autodegradación del material por su espesor y calidad de resistencia interna.
- Geotextil no tejido de 200 gramos (fase intermedia e inicial) según EMS determina valores de presencia de saturación interna del sistema insitu, siendo este y a efectos de estabilizar el sistema a este nivel los factores de compactación son esenciales y es necesario un sistema de filtro del tipo envoltente que retenga flujo de agua y evite migración de finos logrando homogeneidad del filtro, contribuyendo al fenómeno de la velocidad de infiltración y anulando los efectos de capilaridad como un caso extremo.

2.- Sistema de consolidación final relleno controlado h= 0.20 m

- Geotextil: envoltente del sistema de anti migración de suelos.
- Base de la envoltente geotextil no tejido 200gr.
- Geomalla Biaxial extrudida de 20kn (02 capas)
- Geomalla: base granular: 0.20 m – primera capa 0.20m

Figura 37: Sistema Final de Pavimento con Geomalla Biaxial



Nota: Memoria de Cálculo de Proyecto Carretera San José, elaboración propia.

6.6.1 Capacidad portante de la sub rasante

La capacidad portante de la subrasante se puede relacionar con el módulo de elasticidad mediante el módulo resiliente. Por lo tanto, calculando el módulo de elasticidad mejorada, vamos a obtener cuanto mejora el CBR de la subrasante.

Módulo de Elasticidad (Módulo Resiliente) sin refuerzo

De esta manera se tendrá una sub rasante sin mejorar:

Heukelon y Klomp (1962)

Suelos Finos C. B.R. $\leq 7\%$: Mr (lb/pulg²) = 1.500 C.B.R.

Con un módulo de Elasticidad de : 3,180 psi = 21.92 Mpa

Módulo de Elasticidad (Módulo Resiliente) con refuerzo

Por tanto, tenemos ahora una capa de 0.20m (promedio de la hoja de cálculo era de 15.00 cm y consideramos 0.20 m por seguridad. En proceso constructivo se tomará en cuenta la nivelación y la compactación) con un CBR en la parte superior igual a = 10.57%.

Powell et al. (1984) y NCHRP (2004), Transport and Road Research Laboratory (TRRL) y M-E Pavement Design Guide Level 2(USA)

Suelos Finos C. B.R. $>7 \leq 15 \%$

$$Mr \text{ (lb/pulg}^2\text{)} = 2,555 \text{ C.B.R.}^{0.64}$$

Se tendrá una capa de material mejorado de 20cm. (mejoramiento de Sub rasante), obteniendo un módulo de Elasticidad de:

$$11,555.77 \text{ psi} = 79.67 \text{ Mpa}$$

Ahora, aplicamos nuevamente la metodología de Giroud & Han, también con una geomalla biaxial extruida de 20 KN para mejorar el CBR de esta segunda capa de material.

Con 7.63% ya tenemos una subrasante estable para la cual se halla el espesor necesario para alcanzar un CBR de 25% con material granular, que es el tope de mejoramiento, según especificaciones de las Geo mallas.

Webb y Campbell (1986)

Suelos Granulares C.B.R. $>15\%$,

$$Mr \text{ (lb/pulg}^2\text{)} = 3,116(\text{C.B.R.})^{0.67797}$$

Obteniendo un Módulo de Elasticidad de servicio de:

$$27,628.597 \text{ psi} = 190.49 \text{ Mpa}$$

Tabla 45: Resultados de mejoramiento de capacidad portante

Capa adyacente que se mejora	Módulo de Resiliencia sin mejora (MR) (Mpa)	Módulo de Resiliencia mejorado (MRM) (Mpa)	% MEJORA
Sub rasante	21.92	79.67	27.51%
Base	79.67	190.49	41.82%

Nota: Memoria de Cálculo de Proyecto Carretera San José, elaboración propia.

6.6.2 Propiedades mecánicas de la sub rasante

- Se realizó el diseño del pavimento, tomando los valores más desfavorables, teniendo de base los siguientes datos:
- Tránsito de ejes de 8.2 toneladas es de 1,000,000.
- Periodo de 20 años.
- Valor estimado del CBR de la subrasante a diseñar será de 2.12
- Los espesores de la estructura de pavimentos diseñado previamente basado en el Manual de Suelo, geología, geotecnia y pavimento del MTC de Perú, la cual, se quiere mejorar el módulo de elasticidad, ya que esta es la propiedad mecánica que mejora al usar la Geomalla Biaxial en la subrasante.

Tabla 46: Valores del Diseño de Pavimento

Capa	Espesor (m)	Poisson	CBR (95%)	Módulo (MPa)
Base	0.20	0.4	25.00	134.04
Subbase	0.20	0.4	10.47	79.67
Subrasante: Arcilla		0.5	2.12	21.92

Nota: Memoria de Cálculo de Proyecto Carretera San José, elaboración propia.

El módulo de elasticidad mejora por la presencia de la geomalla, la cual está compuesta por la subrasante mejorada con el relleno de material seleccionado (sub base) y la capa base que se apoya en la misma, siendo esta de 20 cm de espesor.

Se calcula la mejora del módulo de elasticidad de los diferentes espesores de base y subbase propuestos con el fin de hallar alternativas de diseño para su posterior análisis de deflexión y económico.

6.6.3 Cálculo de deflexión

Teniendo como finalidad la determinación de la deflexión de la estructura del pavimento. Inicialmente, se calculará la deflexión del proyecto con el diseño inicial sin geosintéticos, esto se calculará inicialmente mediante la siguiente ecuación:

Cálculo de deflexión admisible

N : Número de repeticiones de ejes equivalentes en millones

D adm : Deflexión admisible en mm

$$D_{adm} = (1.15/N)^{0.25}$$

$$D_{adm} = 1.04 \text{ mm}$$

Sin embargo, debido a que en el Manual de Carreteras del MTC no expresa en sus páginas el cálculo de deflexiones para pavimentos con subrasante mejorada con geomallas, se utilizará el programa WinDepav 2.6. Este puede calcular el valor de la deflexión de un diseño con geomalla, se procedió a ejecutar el análisis para obtener los valores de la deflexión de los diseños iniciales y así poder comparar con los demás valores obtenidos de las diferentes propuestas de diseño de pavimento con geo sintético:

Para el caso propuesto

Se colocan los valores en el programa WinDepav 2.6 y el valor de los ejes equivalente.

Figura 38: Datos para el cálculo de la deflexión permisible

WinDepav 2.6 (con DOSBox 0.74)

Archivo: DEPAV Acerca de

Descripción del proyecto (no use comas):
Diseño inicial del pavimento

Número de capas: 2 3 4 5 6

Archivo: C:\Users\MJM_6\Desktop\tesis\diseño academico sin refuerzo.pav

Estructura y criterios de evaluación de comportamiento por fatiga y ahuecamiento

Capa	E (kgf/cm ²)	ν	h (cm)	Liga	Daño por tensión			Daño por compresión			
					C*k1*(1/E)*k3	k2	N esperado	k3	k4	N esperado	
1	1340.38	0.4	20	<input checked="" type="checkbox"/>	3.3959E-13	5.0000	1000000	<input type="checkbox"/>			
2	1088.73	0.4	20	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>	1.9400E-07	4.0000	1000000
3	276.35	0.5		<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>	1.9400E-07	4.0000	1000000

Nota: Memoria de Cálculo de Proyecto Carretera San José, elaboración propia.

Se procede a realizar los cálculos en el programa WinDepav v2.6, teniendo el valor de la deflexión en la parte inferior de la figura 39 descrita a continuación, 104mm:

Figura 39: Procesamiento de Datos con los valores de la Deflexión permisible

Resultados del análisis

Archivo: C:\Users\MJM_6\Desktop\Tesis\diseno academico sin refuerzo pav

Descripción del proyecto: Diseño Inicial del pavimento

Sistema de carga: Radio de las ruedas (cm) 10.80, Distancia entre los centros de las ruedas (cm) 32.40, Presión de contacto de las ruedas (kg/cm²) 5.594

Posición del valor máximo para una carga: A Bajo una rueda simple, B Bajo una de las ruedas de la carga, C Al centro de la carga

Gráficos de respuesta, Exportar resultados a Excel (csv)

Respuestas estructurales en las interfaces y evaluación del comportamiento por fatiga y ahuellamiento.

Número de capas: 3

No.	E (kgf/cm ²)	ν	Z (cm)	Sigma T (kgf/cm ²)		Sigma Z (kgf/cm ²)		Tracción (fatiga)			Compresión				
								Épsilon T (microstrain)	N admisible	Factor de daño	Épsilon Z (microstrain)	N admisible	Factor de daño		
1	1.340E+03	0.40	20.00	1.744E-01	B	1.346E+00	B	372.0	B			351.0	B		
				-2.978E-01	C	6.220E-01	C	-358.0	B	5.7714E+04	17.327	868.0	B		
2	1.089E+03	0.40	20.00	-1.642E-01	C	6.220E-01	C	-358.0	B			607.0	C	3.4176E+05	2.926
				-5.782E-01	C	2.610E-01	C	-354.0	C			657.0	C		
3	2.763E+02	0.50	45.00	3.385E-02	C	2.610E-01	C	-354.0	C			645.0	C	1.0412E+06	0.960
								-435.0	C			799.0	C		

Deflexión en el centro de la rueda doble D0 (1/100 mm) 103.02

Radio de curvatura (m) 119.16

Radio de curvatura x Deflexión (m x mm/100) 12275.1

Salir y descartar los resultados

Nota: Memoria de Cálculo de Proyecto Carretera San José, elaboración propia.

A continuación, se muestra un resumen, en esta tabla se presenta el resumen de los cálculos efectuados en el programa WinDepav2.6 de las diferentes combinaciones de los casos de diseño. Al finalizar el análisis, se obtuvo los siguientes valores de

Deflexión:

Tabla 47: Comparación de valores de deflexión

Nº de Combinación	Deflexión (mm)
caso 1	0.861
caso 2	0.951
caso 3	0.982
caso 4	0.997

Nota: Memoria de Cálculo de Proyecto Carretera San José, elaboración propia.

Al concluir con los cálculos usando el programa WinDepav v2.6, podemos comparar las deflexiones obtenidas con la deflexión inicial de cada dicho caso. De igual forma, con la deflexión admisible propuesta por el Manual de suelos y pavimento.

Tabla 48: Deflexión obtenida con el WindePav 2.6 de diseño de alternativas

N° de Combinación	Deflexión obtenidas (mm)	Deflexión considerada para el diseño(mm)	Diseño manual de suelos y pavimentos
caso 1	0.861	1.03	1.04
caso 2	0.951	1.03	1.04
caso 3	0.982	1.03	1.04
caso 4	0.997	1.03	1.04

Nota: Memoria de Cálculo de Proyecto Carretera San José, elaboración propia.

6.6.4 Colocación de Geotextil anticontaminante entre la sub rasante y la base para confinar la mezcla del material granular de las capas del pavimento.

La función principal de un geotextil en la construcción de carreteras es la separación que previene la contaminación del agregado de base por entremezcla con el material de la sub base. La investigación del Cuerpo de Ingenieros de USACE 2003, concluye que los geotextiles no tejidos proveen separación y no aportan soporte estructural.

Luego, cuando se comprueba la necesidad del empleo de un geotextil no tejido adicional al uso de Geomalla Biaxial sobre la sub-rasante, debemos considerar lo siguiente:

Para permitir un flujo mayor de líquido a través de un geotextil, los espacios vacíos en él deben ser mayores. Existe, sin embargo, un límite, que es cuando las partículas de suelo aguas arriba empiezan a pasar a través de los vacíos del geotextil, junto con el líquido fluyente. Esto puede llevar a una situación inaceptable llamada “bombeo” del suelo (visto en ítems anteriores).

Este proceso se previene haciendo que los vacíos del geotextil sean lo suficientemente pequeños como para retener el suelo en el lado aguas arriba de la tela. La fracción gruesa del suelo es la que debe ser retenida inicialmente y es el tamaño de suelo objetivo en el proceso de diseño. Estas partículas de tamaño grueso eventualmente bloquean a las partículas de tamaño más fino constituyen una estructura estable de

suelo aguas arriba. Afortunadamente, los conceptos de filtro están bien establecidos en el diseño de filtros de suelo, y esas mismas ideas serán usadas para diseñar un adecuado geotextil filtro.

CAPÍTULO VII: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

7.1 Resultados de la investigación

Este subcapítulo consta de la presentación de los resultados obtenidos de los cálculos realizados de los módulos de elasticidad mejorados y las deflexiones para los diferentes espesores propuestos del diseño de pavimento usando la geomalla biaxial.

7.1.1 Módulos de elasticidad

En la Tabla 49, se aprecian los módulos de elasticidad mejorados y su porcentaje de mejora.

Tabla 49: Módulos de Elasticidad mejorados

Capa adyacente que se mejora	Módulo de Resiliencia sin mejora (MR) (Mpa)	Módulo de Resiliencia mejorado (MRM) (Mpa)	% MEJORA
Sub rasante	21.92	79.67	27.51%
Base	79.67	190.49	41.82%

Nota: Memoria de Cálculo de Proyecto Carretera San José, elaboración propia.

En la tabla se puede apreciar como la subrasante mejorada por el sistema de geomalla biaxial da un incremento de módulo de elasticidad a la sub rasante y luego a la capa granular inmediatamente superior. Esto es debido al efecto de confinamiento lateral, el cual brinda una mejora en los centímetros inmediatamente superiores.

7.1.2 Deflexiones calculadas con Windepav 2.6

En la Tabla 50, se mostrará si las combinaciones de los casos no obtienen un mayor valor que la deflexión admisible propuesta por el Manual de Carreteras del MTC. También, cuánto influye con respecto a este.

Tabla 50: Deflexiones calculadas con las combinaciones de diseño

Nº de Combinación	Deflexión obtenidas (mm)	Deflexión considerada para el diseño(mm)	Diseño manual de suelos y pavimentos	Cumple	% de Mejora
caso 1	0.861	1.03	1.04	ok	17.20%
caso 2	0.951	1.03	1.04	ok	8.56%
caso 3	0.982	1.03	1.04	ok	5.58%
caso 4	0.997	1.03	1.04	ok	4.14%

Nota: Memoria de Cálculo de Proyecto Carretera San José, elaboración propia.

Por consiguiente, todas las combinaciones cumplen con el requisito nombrado anteriormente. Por lo cual, todas las combinaciones van a seguir siendo analizadas en cuanto a su propuesta económica.

7.2 Análisis e Interpretación de los Resultados

7.2.1 Influencia del módulo de elasticidad mejorado de la subrasante en las capas del pavimento

Al aplicarse el sistema de geomalla biaxial en la subrasante del proyecto vial, se genera una zona TOTALMENTE ESTABILIZADA. Esta mejora el módulo de elasticidad tanto de la zona donde esta aplicado directamente el geo sintético como en la parte confinada en la parte superior.

Debido a ser la más cercana a imitar el comportamiento del modelo inicial. En este caso, se realizó la reducción de las capas que están por debajo del pavimento rígido, la base y la sub rasante, lo que da como resultado una mejora inmediata en los módulos resilientes de las capas del pavimento. Dicho cambio hace aumentar el módulo de elasticidad de la capa de sub rasante de 21.92Mpa a 79.67Mpa. Es decir, aumenta un 27.51% en su comportamiento interno, convirtiendo la sub rasante a una capa más resistente.

Asimismo, la consideración de un refuerzo más en la base hace aumentar el módulo de elasticidad de 79.67Mpa a 190.49Mpa, es decir aumenta un 41.82% en su comportamiento interno, convirtiendo la base en una capa más estable para recibir la losa de concreto.

7.2.2 Influencia de la deflexión en las capas del pavimento

En este subcapítulo podemos observar que los espesores de las capas influyen en la deflexión. Para el caso de nuestro modelo, se pudieron verificar estos espesores mediante los cálculos realizados en el programa MACREAD.

Por otro lado, se obtiene mediante los cálculos realizados en el programa WinDepav v2.6 que la deflexión inicial es de 1.03 mm. Previamente se calculó la deflexión según el manual de carreteras del MTC teniendo un valor de 1.04 mm. Se observó que el valor calculado en el WinDepav v2.6 no supera el valor requerido por el manual, teniendo un modelamiento correcto que se asemeja a la realidad. Al realizar los

cálculos después de haberse aplicado la mejora en la subrasante en la combinación 04, se obtiene una deflexión de 0.997 mm, por lo cual podemos concluir que la subrasante ha sido mejorada e influenciado en 4.14% de reducción al comportamiento de deflexión.

7.2.3 Influencia del confinamiento lateral para conservar las características técnicas de las capas del pavimento.

En este aspecto se ha observado que el sistema de geomallas biaxiales necesita la consideración de un geotextil no tejido, el cual es elaborado con fibras de polipropileno, mediante un proceso de punzonado por agujas.

El geotextil es resistente a la degradación debido a la luz ultravioleta, ataques químicos y biológicos que normalmente se encuentran en los suelos, cumple las siguientes funciones:

Función de separación

Permite el confinamiento de la base de agregado y la subrasante. El geotextil conserva el espesor inicial del agregado de la vía (CBR<6).

El geotextil trabaja usando una base de agregado para la estructura del pavimento con una granulometría más real y con una buena permeabilidad, lo que mejora el drenaje rápido (factor drenante).

Función de filtro

Conserva la homogeneidad y evita migración de finos. Además, incrementa vida útil y sistema de mantenimiento de la vía.

Evita la contaminación de suelos (anticontaminante), con lo que se puede concluir que la sub rasante mejorada (sub base) y base a influenciado en un mejor comportamiento del geotextil como anticontaminante. De esta manera se logra conservar los C.B.R. de diseño y que las capas granulares se mantengan inalteradas.

7.3 Constatación de hipótesis

Al término de los análisis de la investigación del sistema de geomalla biaxial en la subrasante para suelos arcillosos con un CBR menos del 3%. Podemos contrastar las siguientes hipótesis específicas.

7.3.1 Hipótesis específica ítem 3.1.2.a

Hipótesis alterna (H1): El sistema de geomalla biaxial mejora el módulo de elasticidad del suelo arcilloso por lo tanto se reduce los espesores de pavimento.

Hipótesis nula (H0): El sistema de geomalla biaxial no mejora el módulo de elasticidad del suelo arcilloso, por lo tanto, no reduce los espesores de pavimento.

La teoría del método del sistema de Geomalla Biaxial nos explica que al momento de ser colocadas en la subrasante genera el efecto de viga tensionada. Esta consiste en distribuir los esfuerzos verticales en un área más grande para que no falle por punzonamiento y deslizamiento lateral. Este al ser relacionado con el módulo de elasticidad del material de la subrasante, genera una mejora en el módulo. Debido a que este módulo tiene una relación directa con la capacidad portante, se entiende por ende que al aumentar el mismo, aumenta la capacidad portante de la subrasante del proyecto vial. Esto genera así un mejor comportamiento de la estructura del pavimento, lo que al rehacer los cálculos del diseño, necesitarán menores espesores en las demás capas granulares. Podemos observar que se mejora el módulo de elasticidad de la capa granular adyacente a la capa donde se genera el efecto de sistema de confinamiento celular. Se puede observar también que al mejorar el módulo de elasticidad, su comportamiento mejora o iguala al comportamiento de la estructura de pavimento con mayores espesores, por lo cual se verifica la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

De la investigación de Mohammad Reza S. & Nader G. (2021).

Desarrollaron una investigación para evaluar la efectividad de las geomallas colocados sobre una subrasante resistente en un sistema de pavimentos flexibles reforzado, a fin de reducir el espesor de la base. También se evidenció que el uso de geomallas aumentó el número de aplicaciones de carga en un factor de 1.5 a 7.5, para una misma profundidad de la formación de surcos. Por lo tanto, se verifica la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

7.3.2 Hipótesis específica ítem 3.1.2.b

Hipótesis alterna (H1): Al aplicar el sistema de Geomalla Biaxial en la sub base y la base, se disminuirá la deflexión admisible. Esto se traduce en una reducción de los

espesores de mejoramiento de sub base y base. Por consiguiente, al hacer el nuevo diseño disminuye el espesor total del pavimento.

Hipótesis nula (H0): Al aplicar el sistema de Geomalla Biaxial en la sub base y la base, no disminuye la deflexión admisible, por lo tanto, no reduce los espesores de mejoramiento de sub base y base.

Con la data obtenida en el programa WinDepav v2.6, con las diferentes iteraciones de espesores de las capas granulares, se observó que la subrasante sin la Geomalla Biaxial tenía una deflexión de 0.715mm con unos espesores de 20cm de sub base y 50cm de base. Al aplicar la Geomalla Biaxial en la sub base (sub rasante mejorada) y volver a analizar con el programa WinDepav v2.6 el paquete estructural del pavimento con varias combinaciones de espesores de las capas granulares, se obtuvo diferentes valores de deflexión. Se tuvo como resultado que un diseño con los mismos espesores tenía un 54% menos deflexión, por lo que se puede diseñar pavimentos que cumplan con la solicitud de carga móvil previamente determinada, sin afectar el comportamiento en conjunto del paquete estructural del pavimento. De esta manera, se verifica la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

La investigación de Orejón E. (2018) menciona que, de acuerdo a las recomendaciones establecidas por el MTC (2013), en la sección suelos y pavimentos, para CBR con valor de 2.6% se requiere realizar remplazo de material de 40 cm. Debido a que los suelos con estas características físicas y mecánicas son considerados como suelos inapropiados e inestables de bajo valor de soporte. Sin embargo, mediante el uso de las geomallas biaxiales de tipo MacGrid EGB 20 y MacGrid EGB 30 para CBR igual al 2.6 % presentan porcentajes mínimo de deflexión. No se requiere de ningún tipo de mejoramiento debido al aporte estructural de la geomalla, por lo cual, se verifica la hipótesis alterna y se rechaza la nula.

7.3.3 Hipótesis específica ítem 3.1.2.c

Hipótesis alterna (H1): Al aplicar el sistema de Geomalla Biaxial con un geotextil anticontaminante entre la sub base y la base se logra conservar el confinamiento lateral, separando la mezcla del material granular de las capas del pavimento. Por consiguiente, al hacer el nuevo diseño considerando un Geotextil anticontaminante, se obtendrán capas del pavimento inalteradas, conservando todas sus propiedades mecánicas.

Hipótesis nula (H0): Al aplicar el sistema de Geomalla Biaxial con un geotextil anticontaminante entre la sub base y la base no se logra conservar el confinamiento lateral. Por lo tanto, se mezcla el material granular de las capas del pavimento.

De acuerdo al diseño del sistema Geomalla Biaxial es necesario y complementa la estructura del pavimento la inclusión de Geotextiles anticontaminantes. Su consideración está prevista para evitar la mezcla de los gránulos finos de la sub rasante con el material granular de la sub base y base.

- Sujeción del terreno, el geotextil confina el material en la base de la capa granular y separa la capa granular del terreno blando, con lo que se conserva la capacidad de carga y se consigue una buena compactación.
- Filtrante del geotextil, regula la humedad en el terreno blando, evitando la pérdida de finos y logrando una buena consolidación. Es así que a lo largo del estudio realizado se ha podido corroborar el aporte fundamental del geotextil anticontaminante dentro de la estructura Geomalla Biaxial. Es así que se verifica la hipótesis alterna y se rechaza la nula.

En la investigación de Abbas J, Mohammed F, Al-Saadi, I y Abbas A. (2020). indica que los pavimentos en la actualidad no logran cumplir con los periodos de diseño estipulados debido a factores como: el aumento del tráfico por el crecimiento de la población y los cambios bruscos de temperatura que hacen que el deterioro se evidencie mucho antes de lo proyectado en el diseño inicial. Con respecto a lo anterior, la geomalla ha brindado aspectos positivos. Según Vargas (2017) en su trabajo de investigación concluye que: la geomalla complementada con un geotextil se convierte en una frontera que no permite la mezcla de las diferentes capas adyacentes de los materiales que componen la estructura, aumentando su vida útil. Por lo tanto, logra distribuir los esfuerzos que son provocados por las cargas superficiales de manera efectiva. De esta manera se verifica la hipótesis alterna y se rechaza la nula.

CONCLUSIONES

- La aplicación de la Geomalla Biaxial Mac Grid EGB 20 conjuntamente con el Geotextil Mac Tex N 40.1 en la estructura del pavimento, redujo el espesor de la estructura del pavimento de 50cm. A 20cm y mejoró el módulo resiliente de la Sub rasante en un 27.51% en la Base en 41.82%, asimismo se ha mejorado el comportamiento de deflexión de la estructura en un 4.14% y se mejoró el factor de refuerzo del aporte del Geotextil en 21%, por lo cual se puede concluir que con la aplicación del Sistema Geomalla Biaxial/ Geotextil en la Sub rasante se ha podido reducir los espesores de la estructura del pavimento, mejorando sus propiedades mecánicas
- La mejora de la Subrasante es muy considerable, puesto que, con la aplicación de la Geomalla Biaxial, mejora su módulo de elasticidad de 21.92 MPa a un valor de 79.67MPa. con un porcentaje del 27.51%., asimismo, la Base con refuerzo aumenta su módulo de elasticidad de 79.67Mpa a 190.49Mpa, con una mejora de 41.82%, haciendo que con la aplicación de la Geomalla Biaxial se logre reducir el espesor de la estructura del pavimento de 50cm. A 20cm. Aproximadamente, para el caso de nuestro modelo, se pudo verificar estos espesores mediante los cálculos realizados en el programa MACREAD.
- La deflexión encontrada se calculó con el programa WinDepav v2.6, para lo cual se tuvo una deflexión inicial de 1.03 mm., sin refuerzo, previamente se obtuvo la deflexión según el manual de carreteras del MTC, teniendo un valor de 1.04 mm., se observó que el valor calculado en el WinDepav v2.6 no supera el valor requerido por el manual, asimismo los valores de deflexión obtenidos en los casos analizados con Geo sintético y Geomalla al realizar los cálculos y después de haberse aplicado la mejora en la subrasante en las combinaciones se pudieron obtener valores entre 0.861mm. (4.14%) y 0.997mm. (17.20%), por lo cual se puede concluir que con la aplicación de la Geomalla Biaxial en la subrasante se han podido reducir los espesores de la estructura del pavimento y mejorando su comportamiento de deflexión
- Partiendo de un factor 1.00 sin refuerzo, se pudo determinar el aporte del Geotextil no tejido de polipropileno Mac Tex N 40.1 como complemento de trabajo de la Geomalla Biaxial, considerando el módulo resiliente de la estructura

del pavimento (Geomalla Biaxial/ Geotextil), obteniendo un factor de 1.21, el cual es menor a solo la aplicación de la Geomalla Biaxial, con un factor de reforzamiento de 1.25, por lo cual se puede concluir que con la aplicación de la Geomalla Biaxial y Geotextil en la Sub rasante logra disminuir el espesor de la estructura del pavimento y mejora las condiciones de confinamiento del material granular.

RECOMENDACIONES

- Considerar el uso de Geomalla Biaxial como refuerzo para base y sub rasante (sub base) de pavimento rígido. Asimismo considerar su alternativa en proyectos a realizarse en la ciudad de Pucallpa, debido a que se logra la disminución de espesores en la estructura del pavimento. También se puede considerar como un material práctico para la ejecución de obras de pavimentación.
- La presente tesis toma la geomalla tipo MagGrid20, que es distribuida por la empresa MACCAFERRI. Sin embargo, cabe resaltar que esta no es la única empresa que trabaja con dichos productos por lo cual se recomienda realizar análisis con otros tipos de marca de geomallas.
- Cuando el suelo de fundación se encuentra saturado debido a presencia de agua se debe utilizar geomembrana y geomalla, ya que de esta manera se controla el problema de la capacidad de carga y capilaridad, haciendo que el pavimento sea duradero.
- El presente estudio también recomienda una mayor profundización en la característica de mejoramiento a la tracción, pues es una característica que también mejora el sistema de confinamiento lateral. No se apunta a relatar dicha característica por falta de información.
- El factor ecológico y de contaminación debe ser primordial en todo proyecto, por lo que se recomienda también realizar un estudio de impacto ambiental en los proyectos donde se aplicara el sistema de Geomalla Biaxial y verificar de esta manera el menor impacto que este tiene en nuestro planeta.
- Los beneficios que trae la aplicación de la nueva tecnología para nuestro país se demuestran en el presente estudio. Estos son tanto económicos como técnicos. Además, esta tecnología no está limitada a solo utilizarse en suelos con un bajo CBR pues la mejora que esto implica, es mayor que en cualquiera de los otros métodos estudiados por el manual de carreteras del MTC. Se recomienda profundizar más en el tema con estudios experimentales a fin de ampliar nuestros conocimientos para la utilización de manera cotidiana en los proyectos y poder reducir el uso de los recursos no renovables.

REFERENCIAS

- Mera, J. (2017). Evaluación técnico – económico del uso de geomalla multiaxial como refuerzo en la subrasante de la carretera Santa Cruz – Bellavista, distrito Bellavista- Jaén – Cajamarca. [Tesis para optar por el título profesional de ingeniero civil] Universidad Nacional de Cajamarca. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1060>
- Giraud, J.P. and Han, J. (2004). Design Method for Geogrid-Reinforced Unpaved Roads: method development and calibration. *Journal of Geotechnical Engineering, ASCE*. 775, 775-786.
- Gavilanes, N. (2012). Diseño de la estructura del pavimento con reforzamiento de geosintéticos aplicado a un tramo de la carretera Zumbahua – La Maná. [Tesis para optar por el título de ingeniería civil]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6427/9.20.001877.pdf>
- Nuñez, A. (2016). Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de GeO-Sintéticos. [Tesis para optar por el título de ingeniero civil]. Universidad Nacional del Altiplano. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2056>
- <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14342/1/50108285.pdf>
- https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366660/55_ARMADO_DS_N%C2%B0_010-2009.pdf E.060 CONCRETO
- https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366660/55_ARMADO_DS_N%C2%B0_010-2009.pdf E.060 CONCRETO
- https://digitalscholarship.unlv.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1892&context=fac_articles
- <https://doi.org/10.1007/s42947-020-0145-6>
- <https://dokumen.tips/documents/hoja-tecnica-geotextil-no-tejido-mactex-401-valores-tipicos.html>
- <https://es.scribd.com/doc/91439361/Hoja-Tecnica-de-la-MacGrid-EGB-20S>
- <https://hdl.handle.net/20.500.12394/5165>
- <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt475.pdf>
- https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1965/MAS_ICIV-L_021.pdf?sequence=1
- https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES_DE_CARRETERAS_2019/MC-05-14_Seccion_Suelos_y_Pavimentos_Manual_de_Carreteras_OK.pdf

[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES DE CARRETERAS 2019/MC-05-14 Seccion Suelos y Pavimentos_Manual_de_Carreteras_OK.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES_DE_CARRETERAS_2019/MC-05-14_Seccion_Suelos_y_Pavimentos_Manual_de_Carreteras_OK.pdf)

<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/5165>

<https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/706>

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10543>

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/11192>

<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5419>

<https://trid.trb.org/view/717112>

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3334/34065-15.pdf?sequence=15&isAllowed=y>

https://www.academia.edu/34829662/UNIVERSIDAD_NACIONAL_DE_INGENIERIA_DISEÑO_MODERNO_DE_PAVIMENTOS_ASFALTICO_S_M_Sc_SILENE_MINAYA_GONZALEZ

<https://www.redalyc.org/pdf/467/46752305006>

<https://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2020/06/Reglamento-Nacional-de-Vehiculos-E28093-DS-N2BA-058-2003-MTC.pdf>

La fuente sería la norma ASTM D4439, y habría que incluirla, la norma esta en ingles, (p.32)

Memoria anual Goreu 2020, gobierno regional de ucajali

BIBLIOGRAFÍA

- ACADEMIA de investigación (2018). Manual para la elaboración de tesis y trabajos de investigación. Puebla: s.n., 47 pp.
- ACOSTA y MACÍAS (2017). Estudio sobre materiales granulares de la cantera Río de Oro utilizados como Base para pavimentos Flexibles Bucaramax. Tesis (Ingeniero civil).
- Al-Qadi, I.L., Dessouky, S.H., Kwon J. and Tutumluer, E. (2018). Geogrids in flexible pavements: Journal of the Transportation Research Board, No. 2045, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C. pp. 102-109.
- AASHTO (1993). Guide for Design of Pavement Structures (Guía de la AASHTO para el diseño de estructuras de pavimento). Washington.
- AASHTO (2003). Geosynthetic Reinforcement of the Aggregate base Course of Flexible Pavement Structures PP 46-01. 4 p.
- AASHTO. (2009). Geosynthetic Reinforcement of the Aggregate base Course of Flexible Pavement Structures R 50-09. 4 p.
- BROWN, S. F. (1996). Soil mechanics in pavement engineering. Géotechnique, 46(3), 383–426. doi:10.1680/geot.1996.46.3.383.
- CARRASCO, Sergio (2015). Metodología de la investigación científica [en línea]. Lima: San Marcos. ISBN: 9972342425.
- CIDELSA. Cidelsa Geomallas. Disponible en <http://www.cidelsa.com>.
- DEPARTAMENTO de Administración y Evaluación de Pavimentos. Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación. República Dominicana: Dirección General de Reglamentos y Sistemas, 2016.
- GARNICA ANGUAS, P., GÓMEZ LÓPEZ, J. A., & SESMA MARTÍNEZ, J. A. (2002). Mecánica de materiales para pavimentos. Instituto Mexicano del Transporte, (197), 234.
- Hernández Josué, Mejía David y Zelaya Cesar. (2016). Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la facultad multidisciplinaria oriental de la universidad del Salvador (Tesis de Pregrado). El Salvador: Universidad de El Salvador.
- IDU, I. d. (2011). Guía uso de geo sintéticos. Bogotá: Gobierno de la Ciudad, Bogotá. Koerner, & M., R. (2005). Designing with geosynthetics. Estados Unidos: Pearson Education Inc.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima: El Peruano.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2012). Manual de diseño con geo sintéticos 9na edición. Lima: El peruano.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2013). Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E050 Suelos y cimentaciones. Lima: El Peruano.
- Novoa LLoni (2017). Aplicación de la geomalla triaxial para mejorar la estabilización de suelos blandos en la Av. Trapiche Chillón, Carabayllo - 2017 (Tesis de Pregrado). Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Núñez Anselmo (2016). Optimización de espesores de pavimentos con aplicación de Geo-Sintéticos (Tesis de Pregrado). Lima: Universidad Nacional del Altiplano.

- PAVCO, G. (2010). Aplicaciones de Geo sintéticos en obras civiles. Bogotá, Colombia: PAVCO.
- Suarez, J. (2010). Seminario de Rellenos. Estabilización de Suelos. Bucaramanga - Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Suspes Angie, Carpio Jefferson y Maldonado Héctor (2018). Tramo de prueba con estructura convencional y la implementación de geoceldas en la CL128A entre TV60 y AK72 (Tesis de Pregrado). Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- TAIPE y Tovar (2012). Comportamiento del pavimento flexible con el uso de geomalla en el distrito de Lircay KM 0+010 camino a Ocopa departamento de Huancavelica. Tesis (Ingeniero civil). Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica. 2012. 126 pp.
- TENAX, TDS006 (2018) : Design Of Flexible Road Pavements With Tenax Geogrids
- TENSAR (2013). International Corporation. Propiedades y ventajas en el desempeño de las geomallas tensar triax.
- TINGAL, William (2013). Comportamiento entre el diseño de pavimento tradicional (AASHTO) y el diseño con geomalla en la pavimentación de la Av. Salomón Vélchez Murga de la ciudad de Cutervo. Tesis (Ingeniero Civil). Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. 154 pp.
- Transportation, U. D. (1998). Geosynthetic Design and Construction Guidelines. Estados Unidos: FHWA.
- Transportation, U. D. (2016). Usace Geosynthetics. En U. D. Transportation, Usace Geosynthetics. Estados Unidos: WSDOT.
- W. Delleur, J. (2006). The Handbook of Groundwater Engineering. CRC Press.

ANEXOS

8.1 Anexo 1: Estudio de Tráfico



"MEJORAMIENTO DE VIA DE INTERCONEXION AL C.P. SAN JOSE, DESDE PUERTO CALLAO, DISTRITO DE YARINACocha, CORONEL PORTILLO - UCAYALI" COD. SNIP 149054



GOBIERNO REGIONAL DE UCAYALI



ESTUDIO DE TRÁFICO

"MEJORAMIENTO DE VIA DE INTERCONEXION AL C.P. SAN JOSE
DESDE PUERTO CALLAO, DISTRITO DE YARINACocha, CORONEL
PORTILLO - UCAYALI" COD. SNIP 149054



4.1 ESTUDIO DE TRÁFICO

El estudio de tráfico por lo general está en relación al tipo de proyecto, en nuestro caso es un proyecto de mejoramiento vial.

En tal efecto, el conteo de Tráfico se realizó en 03 estaciones establecidas estratégicamente, concluyendo que el flujo de transporte de carga y de pasajeros, tiene como alcance local entre los Distritos de Yarinacocha y Calleria.

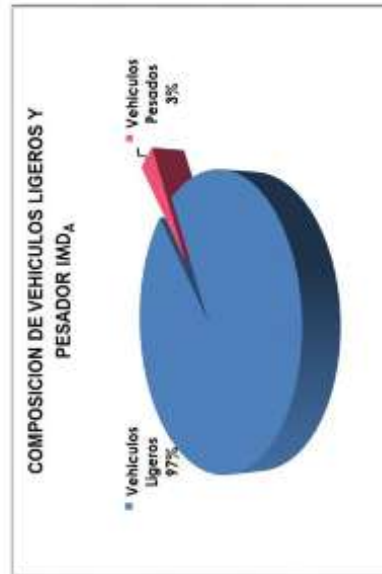
El promedio del IMDA nos da un resultado 6,605, lo cual se considera un volumen de tránsito elevado.

PROYECCIÓN DEL TRÁFICO TOTAL
TRAMO: CARRETERA SAN JOSE

AÑO	Moto Ciclista	Motocic	Veh	Furgonc	Auto	Autobus	Caminos	Motoc	Camin	Motoc	Motoc	Tronca	Vehicu	Camin	Autobus	Autobus	TOTAL
2014	2702	2227	0	42	26	32	40	11	10	3	2	5	32	0	22	0	6405
2015	3262	4247	0	40	116	40	72	14	12	7	5	6	75	0	27	0	7987
2016	3272	4305	0	40	116	40	72	14	12	7	5	7	78	0	28	0	8015
2017	3282	4323	0	40	117	41	72	14	12	7	5	7	82	0	29	0	8044
2018	3292	4334	0	50	118	42	74	14	12	7	5	7	84	0	30	0	8070
2019	3302	4334	0	50	118	42	74	14	12	7	5	8	87	0	32	0	8096
2020	3312	4344	0	50	119	42	75	14	12	7	5	8	91	0	33	0	8123
2021	3322	4354	0	50	120	42	75	14	12	7	5	8	94	0	34	0	8150
2022	3332	4364	0	50	120	42	75	14	12	7	5	8	98	0	35	0	8176
2023	3342	4374	0	50	121	42	76	14	12	8	5	9	102	0	37	0	8204
2024	3352	4383	0	50	122	42	76	15	12	8	5	9	106	0	38	0	8231
2025	3362	4393	0	50	123	43	77	15	12	8	5	9	110	0	40	0	8259
2026	3372	4403	0	50	123	43	77	15	12	8	5	10	114	0	42	0	8287
2027	3382	4413	0	50	124	43	78	15	12	8	5	10	118	0	43	0	8315
2028	3392	4423	0	50	125	43	78	15	12	8	5	11	122	0	45	0	8344
2029	3402	4433	0	50	125	44	79	15	12	8	5	11	126	0	46	0	8373
2030	3412	4443	0	50	126	44	79	15	12	8	5	11	130	0	48	0	8403
2031	3424	4454	0	50	127	44	79	15	12	8	5	11	134	0	50	0	8432
2032	3434	4464	0	50	127	44	80	15	12	8	5	11	144	0	52	0	8462
2033	3444	4474	0	50	128	45	80	15	12	8	5	11	150	0	54	0	8493
2034	3455	4484	0	50	129	45	81	15	12	8	5	11	155	0	56	0	8524

Fuente: Elaboración propia con base en IMDA 1992-2034

SENTIDO	INDICE MEDIO DIARIO ANUAL																TOTAL	
	TIPOS DE VEHICULO-MEDIO DE TRANSPORTES																	
	Motos Litales	Microcars	Baja	Furgoneta	Autos	Station wagon	Camionetas	Mitibus	Camión	Microbus	Mitibus	Cisternas	Volquetes	Auto Pasajero	Camion	Buses Interprovin- ciales	Buses Medianos	IMDA
Entrada	1410	1812	0	22	50	18	31	7	5	3	2	3	26	0	10	0	5	3401
Salida	1292	1745	0	19	46	16	30	5	5	2	2	2	27	0	9	0	5	3204
Ambos	2701	3557	0	41	96	33	60	11	10	5	3	5	53	0	19	0	10	6605
Clasificacio n Vehicular %	40.90%	53.86%	0.00%	0.62%	1.45%	0.50%	0.91%	0.17%	0.15%	0.08%	0.05%	0.07%	0.80%	0.00%	0.29%	0.00%	0.15%	100.00%





4.2 VEHICULO DE DISEÑO

En el presente proyecto se adoptó la clasificación del Reglamento Nacional de Vehículos vigente, complementada con la incorporación de la categoría de "vehículos especiales" según se muestra en el Cuadro.

Así también se deberá tener presente que la vía, durante su vida útil, será transitada por diversos tipos de vehículos por lo que se requerirá del buen juicio y criterio para elegir los "vehículos de diseño" que resulten adecuados para diversas solicitudes de la vía.

Para tal fin deberá tenerse presente que:

- Los vehículos automotores menores y las bicicletas o similares, a no ser que se encuentren en elevada proporción, no suelen tener gran trascendencia en cuanto a la capacidad de las vías debido a sus dimensiones reducidas y gran movilidad. Sin embargo, la influencia de estos vehículos en los accidentes suele ser considerable.
- Las furgonetas, automóviles, station wagon y camionetas son más importantes desde el punto de vista del tráfico, ya que su participación en el mismo es casi siempre muy superior a la de los demás vehículos. Por esta razón, sus características son las que más condicionan los elementos relacionados con la geometría de la vía y con la regulación del tráfico.
- Los buses, camiones, remolcadores, remolques y semi-remolques suelen constituir una parte importante, aunque no mayoritaria del tráfico. Sus dimensiones y pesos son muy superiores a los del resto de los vehículos y están destinados generalmente al transporte de mercancías pesadas o voluminosas o al transporte colectivo de personas.



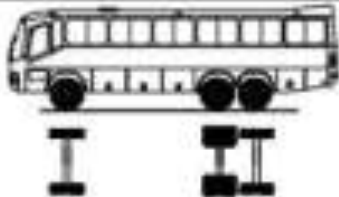
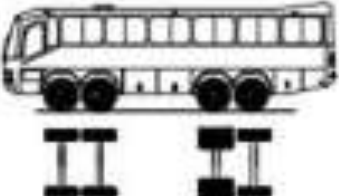
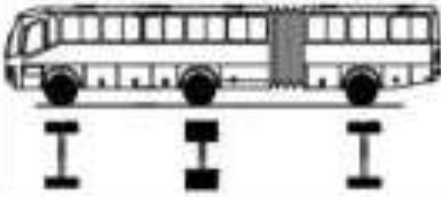
CLASIFICACIÓN VEHICULAR

VEHICULOS POR TRACCIÓN DE SANGRE (I)		VEHICULOS IMPULSADOS POR TRACCIÓN ANIMAL	Aquellos cuya propulsión proviene de bestias de tiro
		BICICLETAS O SIMILARES	Aquellos que se impulsan por medio del esfuerzo humano tales como bicicletas, triciclos, Patines, carros de mano y carretas.
VEHICULOS AUTOMOTORES (II)	MENORES (2)	VEHICULOS MENORES AUTOMOTORES	Vehículo provisto de dos, tres o cuatro ruedas, provisto de asiento y/o montura para el uso de conductor y pasajeros según sea el caso, tales como bici motor, Motonetas, motocicletas, triciclos motorizados, scootermotos y similares.
	MAYORES (3)	FURGONETA	Vehículo automotor para el transporte de carga liviana con 2 o 4 ruedas, con motor nominal de 500 centímetros cúbicos de cilindrada.
		AUTOMOVIL	Vehículo automotor para el transporte de personas normalmente hasta de 8 asientos y excepcionalmente hasta de 9 asientos.
		STATION WAGON	Vehículo automotor derivado del automóvil que al haberle agregado asientos posteriores permite ser utilizado para el transporte de carga.
		CAMIONETA PICK UP	Vehículo automotor de cabina simple o doble, con caja posterior de fibra para el transporte de carga liviana con un peso bruto vehicular que no excede los 4000 kg.
		CAMIONETA PANEL	Vehículo automotor con carrocería cerrada para el transporte de carga liviana, con un peso bruto vehicular que no excede los 4000 kg.
		CAMIONETA RURAL	Vehículo automotor para el transporte de personas de hasta 18 asientos y cuyo peso bruto vehicular que no excede los 4000 kg.
		OMNIBUS	Vehículo automotor para el transporte de personas de más de 18 asientos y cuyo peso bruto vehicular excede los 4000 kg.
		CAMION	Vehículo auto propulsado motorizado diseñado al transporte de bienes con un peso bruto vehicular igual o mayor a 4000kg. Puede incluir una carrocería perforada.
		REMOLCADOR O TRACTOR CAMION	Vehículo motorizado diseñado para remolcar semirremolques y soportar la carga que transmiten estos a través de la quinta rueda.
REMOLQUE	Vehículo sin motor diseñado para ser jalado por un camión u otro vehículo motorizado, de tal forma que ninguna parte de su peso descansa sobre el vehículo remolcado.		
SEMIREMOLQUE	Vehículo sin motor y sin eje del anterior, que se apoyan en el remolcador. Transmite todo el peso de su peso, mediante un sistema mecánico con anillo de tornillos o quinta rueda.		
VEHICULOS ESPECIALES (3)		Aquellos que pueden afectar en el tránsito al tráfico a causa de sus grandes dimensiones, de su longitud de movimiento, o de ambas cosas a la vez. Se incluyen los tractores agrícolas con o sin remolque, los vehículos gigantes de transporte y la maquinaria de construcción, entre otros.	

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE VIAS URBANAS – 2005



Configuración vehículo	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m.)	Peso máximo (t.)				Peso bruto máx. (t.)	
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1º	2º	3º		4º
Bol RB2		20,50	7+7 ^{RS}	18	18	—	—	48 ^{RS}
T3S2 S2		23,00	7	18	18	18	—	48 ^{RS}
T3Se2 Se2		23,00	7	18	11 + 11 ^{RS}	11 + 11 ^{RS}	—	48 ^{RS}
T3S2 S1S2		23,00	7	18	18	11	18	48 ^{RS}
T3Se2 S1Se2		23,00	7	18	11 + 11 ^{RS}	11	11 + 11 ^{RS}	48 ^{RS}
B2		13,20	7	11	—	—	—	18

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Eje Detallé	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)
				Conjunto de ejes posteriores				
				1ª	2ª	3ª	4ª	
ED-1		14,00	7	10	—	—	—	23
ED-1		15,00	7+7 ^{da}	16	—	—	—	30
EA-1		18,30	7	11	7	—	—	25

Para nuestro proyecto se considera como vehículo de diseño según el Reglamento Nacional de Vehículos un T3S3.

4.3 LONGITUD DE FRENADO

La distancia de frenado es un factor esencial para determinar las distancias mínimas de visibilidad que se requieren en el trazado de las vías.

En el siguiente cuadro se indican las longitudes normales de frenado en función de la velocidad en una vía horizontal.



LONGITUD NORMAL DE FRENADO

VELOCIDAD (km/h)	40	60	80	100	120	140
LONGITUD (m)	15	35	69	105	170	250

4.4 VISIBILIDAD

Distancia de visibilidad de parada, es la longitud mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria.

En cualquier punto de la vía, la distancia de visibilidad será 2 a la distancia de visibilidad de parada. A continuación se muestra las distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad de diseño

Uno de parámetros que determinan la seguridad de una vía es la visibilidad, de ella depende la oportunidad que tiene un conductor de tomar una acción determinada como la detención, el sobrepaso o el cambio de velocidad. En general cuando se utiliza el término visibilidad nos referimos a una distancia a través de la cual no existen obstrucciones para la visión del conductor.

Visibilidad de parada

Es la distancia que recorre un vehículo desde el momento en el que logra observar una situación de riesgo hasta que el conductor logra detenerlo.

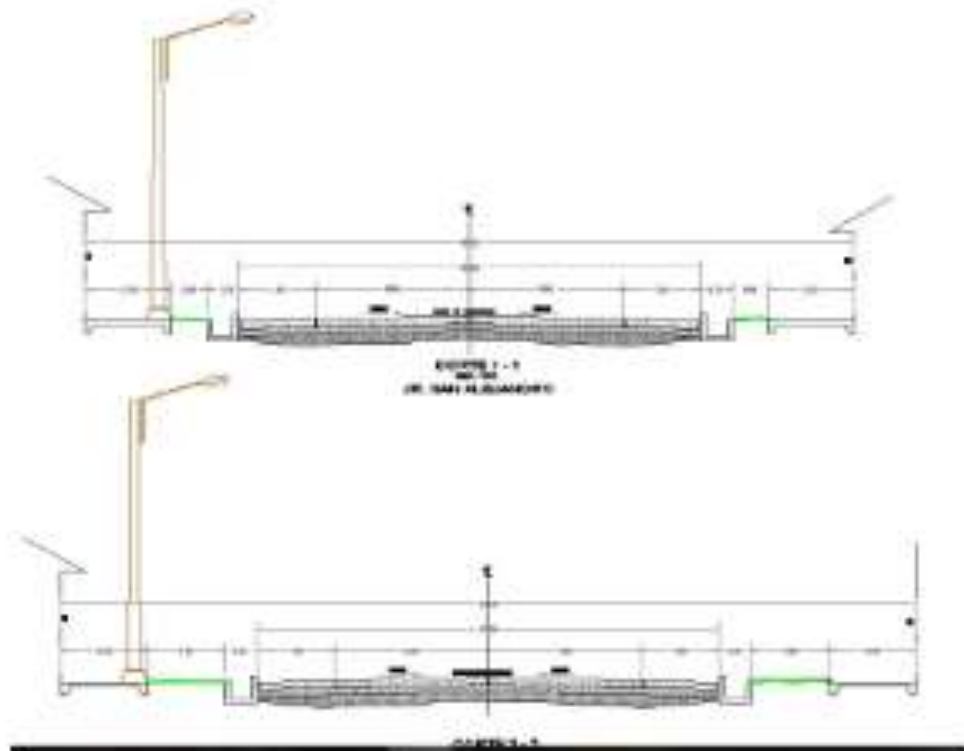
Distancia de Visibilidad de Parada en Terrenos Planos	
Velocidad de Diseño (km/h)	Distancia (m)
30	30
40	45
50	63
60	85
70	111
80	140
90	169
100	205
110	247
120	296

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE VIAS URBANAS - 2005



4.5 SECCION TRANSVERSAL TIPICA

En el grafico se muestra las consideraciones tomadas para las veredas, calzada, estacionamiento y separador central según norma GH 020 componentes de diseño urbano.



4.6 RESUMEN DE PARAMETROS DE DISEÑO GEOMETRICO

Resumen de parámetros de diseño.

PARAMETRO	VALOR
Topografía	Ondulado a Plano
Clasificación de la vía	Arterial
Velocidad Directriz	50 - 80 km/h
Longitud de frenado	25 - 80 mts
Visibilidad de parada	63 - 140 mts
Bombeo	2%
Ancho de carril	3.6 m
Estacionamiento	1.80

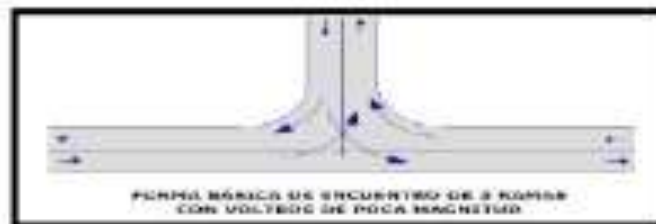
FUENTE: MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE VIAS URBANAS - 2005

4.7 INTERSECCION DE VIAS

Las intersecciones que se presentan en el cruce de una calle con otra son parte importante de estas, se destaca dos tipos generales de intersecciones que son: intersecciones a nivel e intersecciones a desnivel.

Nos interesa para el presente proyecto las intersecciones a nivel, estas se producen cuando las corrientes de tráfico se cruzan entre sí a elevación común.

INTERSECCION DE VIAS



FUENTE: MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DE VIAS URBANAS - 2005



4.8 INTERSECCION DE CALLES

Drenaje de Intersecciones de calles.

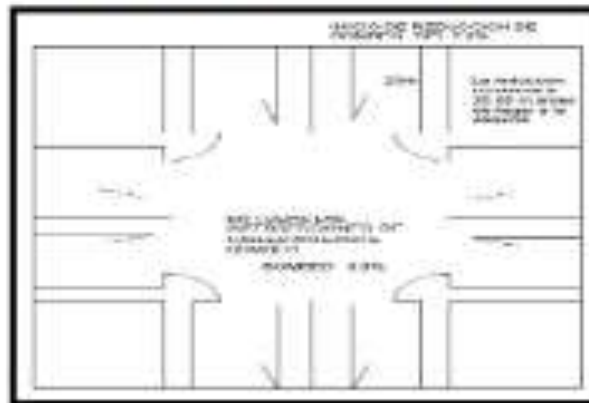
Las características climatológicas al igual que en toda la Selva baja son húmedas y lluviosas, variando la misma en los meses de mayo a Octubre (verano). Por lo que se justifica económicamente un diseño de canaletas para drenar el agua de las lluvias, solo se deberá diseñar y construir las esquinas de tal manera que no se formen charcos de agua. En nuestro caso el drenaje se ha limitado a la evacuación de las aguas pluviales por gravedad, lo que se ha conseguido jugando con las pendientes.

Diseño de Intersecciones.

El diseño de intersecciones se ha realizado por el método que consiste en hacer que la calle que ha sido escogida como principal pierda su pendiente transversal al llegar a la intersección y que así pase por esta para ir tomando después su bombeo original. Para la calle secundaria la condición es que ella pierda sección paulatinamente hasta llegar a tener un bombeo, al llegar a la calle principal, igual a la pendiente longitudinal de ésta para que el cambio de la pendiente transversal sea suave, se necesita hacer una transición desde una estación 20m. antes y después de la intersección.

Este método también es aplicable en las intersecciones en las que concurren rasantes de diferentes pendientes, donde se aplicará el criterio de la calle principal, quien perderá su sección en el primer cruce, para luego seguir con una plataforma plana siguiendo la pendiente de la rasante concurrente; la calle transversal perderá su sección original, para luego tomar una sección cuyas cotas hayan sido previamente calculadas.

REDUCCION DE BOMBEO EN ESQUINAS



1 SEÑALIZACION

DEFINICIÓN

Se denominan Dispositivos para el Control del Tránsito, a las señales, marcas, Semáforos y cualquier otro dispositivo que se coloca sobre o adyacentes a las vías, con el objetivo de prevenir, regular y guiar a los usuarios de las mismas.

NORMATIVIDAD VIGENTE

El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, mediante Resolución Ministerial R.M. N° 210-2000 MTC/15.12 del 03 de Mayo del 2000, y Modificado por la R.M. N°733-2004-MTC/17.02. aprobó el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en calles y carreteras, de acuerdo con el Manual Interamericano, que reemplaza al Manual de Señalización de 1966 y a cualquier otro manual en uso, con la finalidad de definir el diseño y utilización de los dispositivos de control del tránsito (señales, marcas en el pavimento, semáforos y dispositivos auxiliares), destinados a obtener la necesaria e imprescindible uniformidad de ellos en el país, contribuyendo al mejoramiento en el control y ordenamiento de tránsito en calles y caminos del Perú.

FUNCION DE LAS SEÑALES DE TRÁNSITO

Es la de controlar la operación de los vehículos en una vía proporcionando el ordenamiento del flujo del tránsito e informando a los conductores de todo lo que se relaciona con el camino que recorren.

CONSIDERACIONES

Para el cumplimiento de las mencionadas condiciones debe tenerse en cuenta lo siguiente:



Diseño. - Debe ser tal que la combinación de sus dimensiones, colores, forma, composición y visibilidad llamen apropiadamente la atención del conductor, de modo que éste reciba el mensaje claramente y pueda responder con la debida oportunidad.

Ubicación. - Debe tener una posición que pueda llamar la atención del conductor dentro de su ángulo de visión.

Uso. - La aplicación del dispositivo debe ser tal que esté de acuerdo con la operación del tránsito vehicular.

Uniformidad. - Condiciones indispensables para que los usuarios puedan reconocer e interpretar adecuadamente el mensaje del dispositivo en condiciones normales de circulación vehicular.

Mantenimiento. - Debe ser condición de primera importancia y representar un servicio preferencial para su eficiente operación y legibilidad.

6.1 SEÑALIZACIÓN DE TRANSITO

6.1.1 SEÑALES DE TRANSITO

a. Definición

Las señales verticales, como dispositivos instalados a nivel del camino o sobre él, destinados a reglamentar el tránsito, advertir o informar a los usuarios mediante palabras o símbolos determinados.

b. Función

Las señales verticales, como dispositivos de control del tránsito deberán ser usadas de acuerdo a las recomendaciones de los estudios técnicos realizados.

Se utilizarán para regular el tránsito y prevenir cualquier peligro que podría presentarse en la circulación vehicular. Asimismo, para informar al usuario sobre direcciones, rutas, destinos, centros de recreo, lugares turísticos y culturales, así como dificultades existentes en las carreteras.

c. Clasificación

Las señales se clasifican en:

- Señales reguladoras o de reglamentación.
- Señales de prevención.
- Señales de información.



Las señales de reglamentación tienen por objeto notificar a los usuarios de la vía de las limitaciones, prohibiciones o restricciones que gobiernan el uso de ella y cuya violación constituye un delito.

Las señales de prevención tienen por objeto advertir al usuario de la vía de la existencia de un peligro y la naturaleza de éste.

Las señales de información tienen por objeto identificar las vías y guiar al usuario proporcionándole la información que pueda necesitar.

1. SEÑALES PREVENTIVAS

a) Definición

Las señales preventivas o de prevención son aquellas que se utilizan para indicar con anticipación la aproximación de ciertas condiciones de la vía o concurrentes a ella que implican un peligro real o potencial que puede ser evitado tomando ciertas precauciones necesarias.

b) Forma

Serán de forma cuadrada con uno de sus vértices hacia abajo formando un rombo, a excepción de las señales especiales de «ZONA DE NO ADELANTAR» que serán de forma triangular tipo banderola horizontal, las de indicación de curva «CHEVRON» que serán de forma rectangular y las de «PASO A NIVEL DE LINEA FERREA» (Cruz de San Andrés) que será de diseño especial.

c) Color

Fondo y borde: Amarillo caminero Símbolos, letras y marco: Negro

d) Dimensiones

Las dimensiones de las señales preventivas deberán ser tales que el mensaje transmitido sea fácilmente comprendido y visible, variando su tamaño de acuerdo a la siguiente recomendación:

- Carreteras, avenidas y calles: 0.60m x 0.60m.

- Autopistas, Caminos de alta velocidad: 0.75m x 0.75m

En casos excepcionales, y cuando se estime necesario llamar preferentemente la atención como consecuencia de alto índice de accidentes, se utilizarán señales de 0.90m x 0.90m ó de 1.20m x 1.20m.

e) Ubicación



Deberán colocarse a una distancia del lugar que se desea prevenir, de modo tal que permitan al conductor tener tiempo suficiente para disminuir su velocidad; la distancia será determinada de tal manera que asegure su mayor eficacia tanto de día como de noche, teniendo en cuenta las condiciones propias de la vía.

Se ubicarán a la derecha en ángulo recto frente al sentido de circulación y de acuerdo al **ÁNGULO DE COLOCACIÓN** (las señales deberán formar con el eje del camino un ángulo de 90°, pudiéndose variar ligeramente en el caso de las señales con material reflectorizante, la cual será de 5 a 15° en relación a la perpendicular de la vía).

En general las distancias recomendadas en zona urbana es 60m - 75m.

7. SEÑALES INFORMATIVAS

a) Definición

Las señales de información tienen como fin el de guiar al conductor de un vehículo a través de una determinada ruta, dirigiéndolo al lugar de su destino. Tienen también por objeto identificar puntos notables tales como: ciudades, ríos, lugares históricos, etc. y dar información que ayude al usuario en el uso de la vía. En algunos casos incorporan señales preventivas y/o reguladoras así como indicadores de salida en la parte superior.

b) Forma

La forma de las señales informativas será la siguiente:

- Señales de Dirección y Señales de Información General, a excepción de las señales auxiliares, sean de forma rectangular con su mayor dimensión horizontal.
- Señales Indicadores de Ruta, serán de forma especial, como se indica en los diseños que se muestran en el Manual.
- Las Señales de Servicios Auxiliares serán rectangulares con su mayor dimensión vertical.

c) Colores

Señales de dirección:

- En las autopistas y carreteras importantes, en el área rural, el fondo será de color verde con letras, flechas y marco blanco.
- En las carreteras secundarias, la señal tendrá fondo blanco, letras y flechas negras.
- En las autopistas y avenidas importantes, en el área urbana, el fondo será de color azul con letras, flechas y marco blanco, esto como forma de diferenciar las carreteras del área urbana.



Señales Indicadores de Ruta

- Señales de Información General: Similar a las señales de dirección, a excepción de las señales de servicios auxiliares.
- Señales de Servicios Auxiliares: Serán de fondo azul con un recuadro blanco, símbolo negro y letras blancas. La señal de primeros auxilios médicos llevará el símbolo correspondiente a una cruz de color rojo sobre fondo blanco.

3. SEÑALES DE DIRECCIÓN Y SEÑALES DE DIRECCIÓN CON INDICADORES DE DISTANCIAS

El tamaño de la señal dependerá, principalmente, de la longitud del mensaje, altura y serie de las letras utilizadas para obtener una adecuada legibilidad.

- Señales Indicadores De Ruta
- Señales De Información General

e) Ubicación

Las señales de información por regla general deberán colocarse en el lado derecho de la carretera o avenida para que los conductores puedan ubicarla en forma oportuna y condiciones propias de las autopista, carretera, avenida o calle, dependiendo, asimismo de la velocidad, alineamiento, visibilidad y condiciones de la vía, ubicándose de acuerdo al resultado de los estudios respectivos.

Bajo algunas circunstancias, las señales podrán ser colocadas sobre las islas de canalización o sobre el lado izquierdo de la carretera.

2. MARCADO DEL PAVIMENTO

Generalidades

Las marcas en el pavimento o en los obstáculos son utilizadas con el objeto de reglamentar el movimiento de vehículos e incrementar la seguridad de su operación. Sirven, en algunos casos, como complemento a las señales y semáforos en el control del tránsito, en otros constituye un único medio, desempeñando un factor de suma importancia en la regulación de la operación del vehículo en la vía.

Uniformidad

Las marcas en el pavimento deberán ser uniformes en su diseño, posición y aplicación; ello es imprescindible a fin de que el conductor pueda reconocerlas e interpretarlas rápidamente.

Clasificación

Teriando en cuenta el propósito, las marcas en el pavimento se clasifican en:



a. **Marcas en el Pavimento**

- Línea central
- Línea de cantil
- Marcas de prohibición de alcance y paso a otro vehículo
- Línea de borde de pavimento
- Líneas canalizadoras del tránsito
- Marcas de aproximación de obstáculos
- Demarcación de entradas y salida de autopistas
- Líneas de parada
- Marcas de paso peatonal
- Aproximación de cruce a nivel con línea férrea
- Estacionamiento de vehículos
- Letras y símbolos
- Marcas para el control de uso de los carriles de circulación.
- Marcas en los bordes de prohibición de estacionamiento en la vía pública

b. **Marcas en los Obstáculos**

- Obstáculos en la vía.
- Obstáculos fuera de la vía.

c. **Demarcadores Reflectores**

- Demarcadores de peligro.
- Delimitadores.

C. **Demarcadores**

El material usado para demarcar los pavimentos, bordes de calles o carreteras y objetos, es la pintura de tráfico TTP-115-E-III, sin embargo pinturas de tráfico de igual o mejor calidad otros materiales tales como termoplásticos, concreto coloreado, cintas adhesivas para pavimento o elementos marcadores individuales de pavimento "RPM o Tachas", podrán ser utilizados previa conformidad de la autoridad competente.

La demarcación con pintura puede hacerse en forma manual o con máquina, siendo la más recomendable la efectuada a máquina en razón que debido a la presión de la pintura ésta penetra en los poros del pavimento, dándole más duración.

Los marcadores individuales de pavimento URPM o lachas son elementos plásticos, metálicos sobre cerámicos, con partes reflectantes con un espesor no mayor a dos centímetros, pudiendo ser colocados continuamente o separados.



Los marcadores o tachas serán utilizados como guía de posición, como complemento de las otras marcas en el pavimento o en algunos casos como sustitutos de otros tipos de marcadores.

El color de los marcadores estará de acuerdo al color de las otras marcas en el pavimento y que sirven como guías. Estos marcadores son muy útiles en curvas, zonas de neblina, túneles, puentes y en muchos lugares en que se requiera alta visibilidad, tanto de día como de noche.

Los colores básicos son el blanco, amarillo, rojo y azul. El blanco y el amarillo son utilizados solos o en combinación con las líneas pintadas en el pavimento, consolidando el mismo significado. Los marcadores rojos son utilizados para indicar peligro o contra el sentido del tránsito.

Los marcadores de color azul son utilizados para indicar la ubicación de los hidrantes contra incendio.

Estos marcadores tienen elementos reflectantes incorporados a ellos y se dividen en mono direccionales, es decir, en una sola dirección del tránsito y bidireccionales, es decir, en doble sentido del tránsito.

Los marcadores individuales mayores a 0,7 cm se usarán sólo para formar sardineles o islas canalizadoras del tránsito.

A. Colores

Los colores de pintura de tráfico a utilizarse serán blanco y amarillo, cuyas tonalidades deberán conformarse con aquellas especificadas anteriormente.

- **Lineas Blancas:** Indican separación de las corrientes vehiculares en el mismo sentido de circulación.
- **Lineas Amarillas:** Indican separación de las corrientes vehiculares en sentidos opuestos de circulación.

B. Tipos y anchos de las líneas longitudinales

Los principios generales que regulan el marcado de las líneas longitudinales en el pavimento son:

- **Lineas segmentadas y discontinuas,** sirven para demarcar los carriles de circulación de tránsito automotor.



– **Líneas continuas**, sirven para demarcar la separación de las corrientes vehiculares, restringiendo la circulación vehicular de tal manera que no deba ser cruzada.

– **El ancho normal de las líneas** es de 0,10 a 0,15 m para las líneas longitudinales de línea central y línea de carril, así como de las líneas de barrera.

Para las líneas de borde del pavimento tendrá un ancho de 0,10 m.

C. Reflectorización

En el caso de la pintura de tráfico TTP-115-E-III y con el fin de que sean visibles las marcas en el pavimento de la noche, ésta deberá llevar microesferas de vidrio integradas a la pintura o esparcidas en ella durante el momento de aplicación.

Dosificación de esferas de vidrio recomendadas:

- Pistas de aeropuertos: 4,5 kgs/Gal
- Carreteras y autopistas: 3,5 kgs/Gal
- Vías urbanas: 2,5 kgs/Gal

D. Mantenimiento

Las marcas en el pavimento y en obstáculos adyacentes a la vía deberán mantenerse en buena condición.

La frecuencia para el repintado de las marcas en el pavimento dependen del tipo de superficie de rodadura, composición y cantidad de pintura aplicada, clima y volumen vehicular.

9.5.2. Marcas en pavimento y bordes de pavimento:

A. Línea central

Se utilizan para demarcar el centro de la calzada de dos carriles de circulación que soporta el tránsito en ambas direcciones. Se utilizará una línea discontinua, cuyos segmentos serán de 4,50 m de longitud, espaciados a 7,50 m en carreteras; en la ciudad será de 3 y 5 metros respectivamente.

En lo relacionado al color a utilizarse corresponderá a lo indicado anteriormente.

En el caso de una calzada de cuatro o más carriles de circulación que soporta el tránsito en ambos sentidos y sin separador central, se usará como línea central, la doble línea continua de 0,10 m de ancho espaciadas en 0,10 m y de color amarillo.



La doble línea amarilla demarcadora del eje de la calzada, significa el establecer una barrera imaginaria que separa las corrientes de tránsito de ambos sentidos; el eje de la calzada coincidirá con el eje del espaciamiento entre las dos líneas continuas y paralelas.

Se recomienda el marcado de la línea central en todas las calzadas de 4 o más carriles de circulación que soportan tránsito en ambos sentidos sin separador central y en las carreteras pavimentadas siguientes:

De dos carriles de circulación y cuyo volumen de tránsito exceda 800 vehículos.
Carretera de dos carriles cuyo ancho de superficie de rodadura sea menor de 6,50 m.
Cuando la incidencia de accidentes lo ameriten.

B. Línea de carril

Las líneas de carril son utilizadas para separar los carriles de circulación que transitan en la misma dirección. Las líneas de carril deberán usarse:

En todas las autopistas, carreteras, avenidas de múltiples carriles de circulación.
En lugares de congestión del tránsito en que es necesario una mejor distribución del espacio correspondiente a las trayectorias de los vehículos.

Las líneas de carril son discontinuas o segmentadas de ancho de 0,10 m a 0,15 m de color blanco y cuyos segmentos serán de 4,50m de longitud espaciadas 7,50 m en el caso de carreteras; en la zona urbana será de 3 m y 5m respectivamente.

C. Zonas donde se prohíbe adelantar

El marcado de líneas que prohíben adelantar tiene por objeto el señalar aquellos tramos del camino cuya distancia de visibilidad es tal que no permite al conductor efectuar con seguridad la maniobra de alcance y pasó a otro vehículo.

El establecimiento de zonas donde se prohíbe el adelantar depende de la velocidad direccional de la carretera y de la distancia mínima de visibilidad de paso en ella.

Se utilizará una línea continua paralela a la línea central, espaciada 0,10 m hacia el lado correspondiente al sentido del tránsito que se está regulando; de ancho 0,10m y de color amarillo. Antes del inicio de la línea continua, existirá una zona de preaviso variable entre 50m ($V < 60$ km/h) y 100 m ($V > 60$ km/h), donde la línea discontinua estará



constituida por segmentos de 4,5m de longitud espaciados de 1,5m. En el caso de carreteras y en la zona urbana será de 3m y 1m, respectivamente.

El comienzo de la zona donde se prohíbe adelantar corresponde al punto en que la distancia de visibilidad es menor a aquella nomada como distancia mínima de visibilidad de paso; el término de la zona corresponderá al punto en que se iguale o supere la distancia mínima mencionada.

El marcado de la zona donde se prohíbe adelantar será para cada sentido de circulación debiendo complementarse dicho marcado con el uso de la señal "PROHIBIDO ADELANTAR" (R-16) y al lado del sentido de circulación se colocará la señal "NO ADELANTAR" (P-03).

D. Línea de borde de pavimento

Se utilizará para demarcar el borde del pavimento a fin de facilitar la conducción del vehículo, especialmente durante la noche y en zonas de condiciones climáticas severas. Deberá ser línea continua de 0,10 m de ancho de color blanco.

E. Aproximación a obstáculos

Las obstrucciones dentro de las carreteras son peligros potenciales de accidentes y cuando no puedan ser eliminadas, debe prevenirse al usuario de su existencia, guiándolo para no chocar contra ella. Las demarcaciones de aproximación de obstáculos deberán usarse complementariamente con las señales correspondientes, y las marcas en el pavimento de aproximación complementarán aquellas adecuadas a la misma obstrucción.

La demarcación consistirá en una o varias líneas diagonales que se extienden desde el centro de la calzada o de la línea de carril hacia el punto de obstrucción pasando por su derecha o por ambos lados a una distancia de 0,30m -0,60m de la obstrucción.

La longitud mínima en zona rural será de 50m, y en zona urbana de 30m. En el caso de que el tránsito circule por ambos lados del obstáculo, es conveniente adicionar líneas diagonales en el área triangular conformada.

Los delineadores son elementos verticales que se colocan en curvas horizontales y en estrechamientos de la vía con el fin de hacer resaltar el borde de la superficie de rodadura. Se utilizan por lo regular en los tramos en relleno para evitar peligros de accidente a los conductores, sobre todo en las noches y en horas de escasa visibilidad.



Los delineadores pueden ser, según el tipo de material con que están contruidos, de dos clases: de concreto y de madera. Los de concreto pueden ser a su vez de concreto simple o de concreto armado.

a. Delineadores de Concreto Simple

Se utilizan en zonas áridas o de escasa vegetación. Tendrán una forma tronco-cónica con una base de 30 cm de diámetro, una coronación de 15 cm de diámetro y una altura mayor de 45 cm. La altura total dependerá de la profundidad de cimentación.

Se construirán en el mismo sitio de su colocación, para lo cual se excavará previamente.

Como cimentación un volumen cilíndrico de 20 cm de diámetro y de profundidad variable, de acuerdo con el terreno.

El concreto utilizado tendrá a los 28 días, una resistencia a la compresión de 100 Kg/cm², utilizándose para la fabricación encofrados metálicos o de madera del tipo desarmable.

Los delineadores se colocarán a 30 cm hacia adentro de la arista formada por el talud de relleno o de 40 cm hacia fuera del borde del extremo de la berna (se escogerá la posición más cercana a la pista) y se pintarán de color blanco, debiendo tener en su parte superior una faja pintada con material reflectorizante de color amarillo en un ancho de 15 cm y en una longitud igual a la tercera parte del perímetro de la sección transversal.

b. Delineadores de Concreto Armado

Se utilizarán en zonas donde el crecimiento de vegetación podría dificultar la visibilidad del delineador. Tendrán la forma de un prisma triangular con una base de 15 cm por lado y una altura de 1 metro. Serán prefabricados, debiendo quedar totalmente terminados antes de ser llevados al lugar de colocación. La cimentación de la unidad se asegurará empotrando el delineador en su ubicación, en una profundidad de 30 cm. El concreto utilizado tendrá a los 28 días una resistencia mínima (a la compresión de 140 Kg/cm²).

El refuerzo metálico del delineador consistirá en 3 barras de 3/8 de diámetro y 0,85 m de longitud, colocadas en cada vértice de la unidad.



El amarre de este refuerzo consistirá en 3 estribos formados por barras del mismo diámetro y de 0,35 m de longitud.

La unidad terminada se pintará de color blanco, debiendo tener en su parte superior y en las dos caras que miran hacia la carretera, una faja pintada con material reflectorizante color amarillo en un ancho de 15 cm.

La colocación de este tipo de delineadores se hará de acuerdo con lo indicado al tratar de delineadores de concreto simple.

c. Delineadores de Madera

Se utilizarán en carreteras menos importantes y en zonas donde su uso resulta económico. Tendrán forma cilíndrica con una base de 15 cm de diámetro y una altura de 1 metro. La madera que se utilice será de buena calidad, seca, sana y descortezada. Se construirán en planta, debiendo estar totalmente terminados antes de ser llevados al lugar de colocación.

La cimentación de la unidad se asegurará empotrando el delineador en su ubicación en una longitud de 30 cm. La longitud enterrada se preservará mediante un recubrimiento asfáltico similar.

La colocación de este tipo de delineadores se hará de acuerdo con lo indicado al tratar de delineadores de concreto simple.

La unidad terminada se pintará de blanco, debiendo tener en su parte superior una faja pintada con material reflectorizante de color amarillo en un ancho de 15 cm y en una longitud igual a la tercera parte de la sección transversa.

9.5.3. Espaciamiento de delineadores

El espaciamiento de los delineadores será determinado por el Ingeniero Residente, de acuerdo con las características de la curva horizontal o del estrechamiento del camino, pero por lo regular varía entre 5 y 20 metros. En las tablas siguientes se muestran espaciamientos recomendados en función del radio de la curva horizontal.

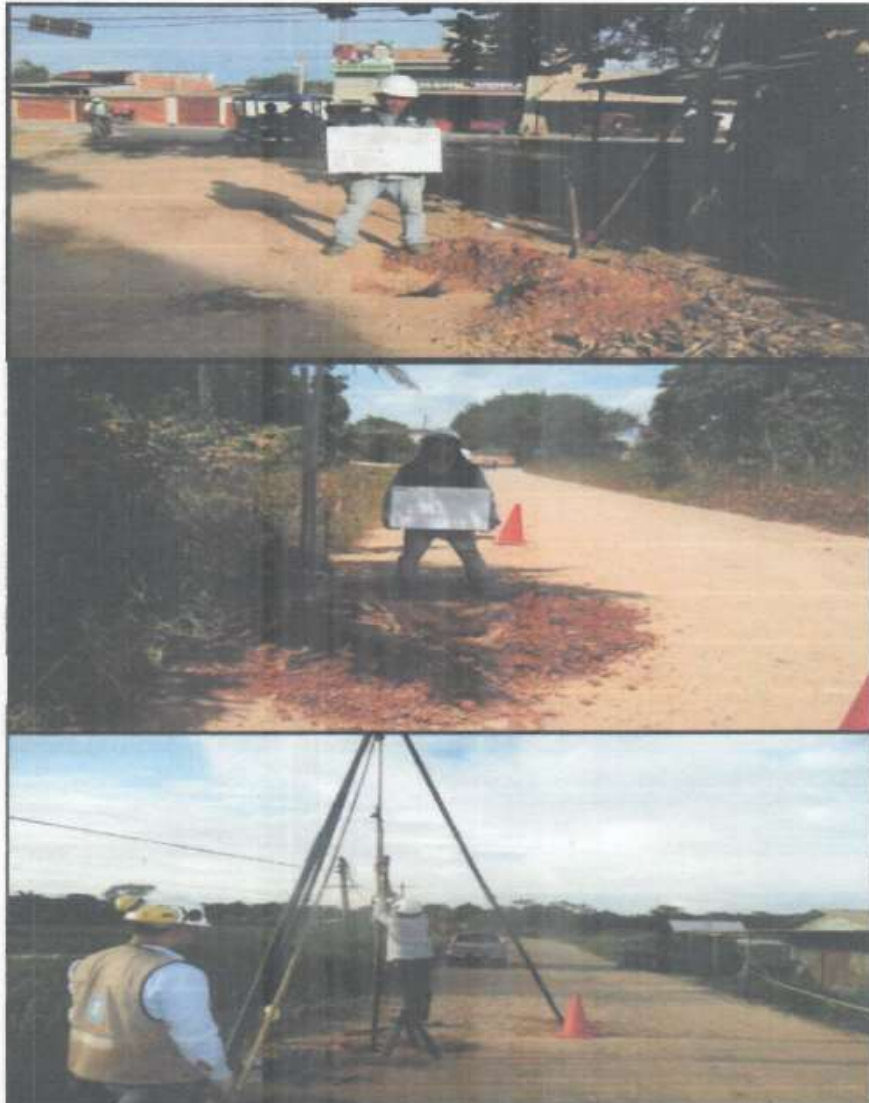
8.2 Anexo 2: Estudio de Suelos



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

Jr. Eduardo del Aguila N° 728 - Pucallpa
Telf: 59-2880 - Cel. 954953681 - 961705732 - RPM # 954953681 - RUC N° 20393270668
Correo Electrónico: hmcayali2@hotmail.com - geoservpuq@hotmail.com

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNICO CON FINES DE PAVIMENTACION Y CIMENTACION



PROYECTO:

**"MEJORAMIENTO DE VIA DE INTERCONEXION AL C.P. SAN JOSE
DESDE PUERTO CALLAO, DISTRITO DE YARINACOAHA,
CORONEL PORTILLO - UCAYALI"**

MARZO - 2018



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

Jr Eduardo del Aguila N° 728 - Piscalta
Telf: 59-2880 - Cel: 954953681 - 961705732 - RPM #: 954953681 - RUC N° 20393270668
Correo Electrónico: henujaki@outlook.com - geoserv@outlook.com

INDICE

- 1.0 **INTRODUCCION**
 - 1.1 Antecedentes
 - 1.2 Ubicación del área de estudio
 - 1.3 Condiciones climáticas del área de estudio
 - 1.4 Topografía
- 2.0 **MEMORIA DESCRIPTIVA DE LOS TRABAJOS REALIZADOS**
- 3.0 **EVALUACION DE CARACTERISTICAS GEOTECNICAS Y EFECTOS GEODINAMICAS EXTERNOS E INTERNOS**
 - 3.1 Geomorfología
 - 3.1.1 Rio Ucayali
 - 3.1.2 Los Meandros
 - 3.1.3 Los Bajiales
 - 3.1.4 Los Caños
 - 3.1.5 Los Aguajales
 - 3.1.6 Geodinámica Externa
 - 3.1.7 Geodinámica Interna
 - 3.2 Estratigrafía
 - 3.3 Geología estructural
 - 3.4 Unidades litológicas
 - 3.4.1 Arenas
 - 3.4.2 Arcillas
 - 3.4.3 Lateritas
 - 3.4.4 Gravas
 - 3.5 CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS
 - 3.6 RIESGOS GEOLOGICOS
- 4.0 **CARACTERISTICAS DEL PROYECTO**
- 5.0 **TRABAJOS DE CAMPO**
 - 5.1 Excavaciones
 - 5.2 Muestreo
 - 5.3 Registro de Excavaciones
- 6.0 **GEOTECNIA DE LA SUBRASANTE**
 - 6.1 Introducción
 - 6.2 Investigación de Campo del Suelo de la Subrasante
- 7.0 **ENSAYOS DE LABORATORIO**
 - 7.1 Metodología para los Coeficientes C_c y C_u
 - 1. Coeficiente de Uniformidad
 - 2. Coeficiente de Curvatura
 - 7.2 Ensayos de Campo
- 8.0 **CLASIFICACION DE SUELOS**
 - 8.1 Descripción del perfil Estratigráfico
- 9.0 **CONFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ACTUAL**
 - 9.1 Conformación de la Estructura del Pavimento Proyectado



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

Jr. Eduardo del Aguila N° 728 - Pucallpa
Telf: 59-2880 - Cel. 954953681 - 961705732 - RPM # 954953681 - RUC N° 20393270668
Correo Electrónico: hamasakof2@hotmail.com - geoservpuc@hotmail.com

9.2 Análisis de la capacidad de soporte (CBR) del pavimento

- 10.0 TIPOS DE SUELOS EXISTENTES EN LA VIA
 - 10.1 Base granular en pavimentos rígidos
 - 10.2 Suelos expansivos
 - 10.3 Compactación de suelos cohesivos
 - 10.4 Relleno no controlados y contaminados

- 11.0 CONTROLES TECNICOS
 - 11.1 Consideraciones constructivas

- 12.0 ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN
 - 12.1 Tipo de Cimentación
 - 12.2 Profundidad de Cimentación
 - 12.3 Calculo de la Capacidad Admisible portante del Suelo de Fundación
 - 12.4 Determinación del Coeficiente de Sub-rasante de Balasto

- 13.0 AGRESIVIDAD DEL SUELO A LA CIMENTACION
- 14.0 SISMICIDAD EN LA ZONA DE ESTUDIO
 - 14.1 Parámetros de Diseño Sismo resistente
 - 14.2 Microzonificación Sísmica

- 15.0 EXPANSION DEL SUELO
- 16.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- 17.0 BIBLIOGRAFIA

PUCALLPA – 2018

INFORME TÉCNICO

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELO CON FINES DE PAVIMENTACION

1.0 INTRODUCCIÓN

El presente estudio de mecánica de suelos y geotécnico con fines de pavimentación y cimentación corresponde al proyecto: **"Mejoramiento de vía de Interconexión al C.P. San José desde Puerto Callao, distrito de Yarinacocha, coronel Portillo · Ucayali"**. El presente estudio se ha desarrollado dentro de los lineamientos de los requerimientos técnicos exigidos por el Consorcio estudio vial San José y en concordancia con el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), capítulo E.050 Suelos y Cimentaciones. y la Norma 'CE.010 Pavimentos Urbanos'.

Por la exigencia o necesidad de disponer de una buena infraestructura básica de transportes en el área urbana de la ciudad de Pucallpa, para mejorar las condiciones de tránsito y drenaje pluvial, el Gobierno Regional de Ucayali ha creído conveniente la implementación del mejoramiento de la vía en mención.

1.1 ANTECEDENTES

El objetivo principal del informe técnico del estudio de mecánica de suelos (EMS) y geotecnia con fines de pavimentación y cimentación es para determinar las características físicas mecánicas del suelo de fundación y/o subrasante en cuanto a la calidad de los materiales de la plataforma de la vía y definir la condición de la subrasante, además de cuantificar los volúmenes de suelos orgánicos saturados de humedad y material recuperable para su reemplazo con material de préstamo seleccionado o propio del proyecto: **"Mejoramiento de vía de Interconexión al C.P. San José desde Puerto Callao, distrito de Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali"**. Los trabajos de campo se realizaron a través de excavaciones de calicatas, pozos de sondeos, ensayos de campo (SPT), ensayos de laboratorio y labores de gabinete, en base a los cuales se definen los perfiles estratigráficos del subsuelo y sus principales características físicas mecánicas, además del valor de soporte de la subrasante y la base granular de la estructura del pavimento existente.

Son objetivos específicos del estudio:

- Inferir el perfil estratigráfico del suelo, de la subrasante y de los bancos de materiales, con la finalidad de auscultar el tipo de terreno o material; y realizar el muestreo correspondiente.
- Identificar los problemas geodinámicos externos e internos a fin de recomendar las medidas de mitigación que eviten, reduzcan o controlen el desarrollo de los mismos.
- Interpretar resultado y recomendar o definir las medidas óptimas para la conformación del terreno de soporte y la estructura del pavimento.

1.2 UBICACIÓN DEL AREA EN ESTUDIO

La zona del proyecto políticamente está ubicada, en el área urbana de la ciudad de Pucallpa, distrito de Yarinacocha, provincia de coronel Portillo, departamento de Ucayali, geográficamente en la llanura de la cuenca del río Ucayalí.

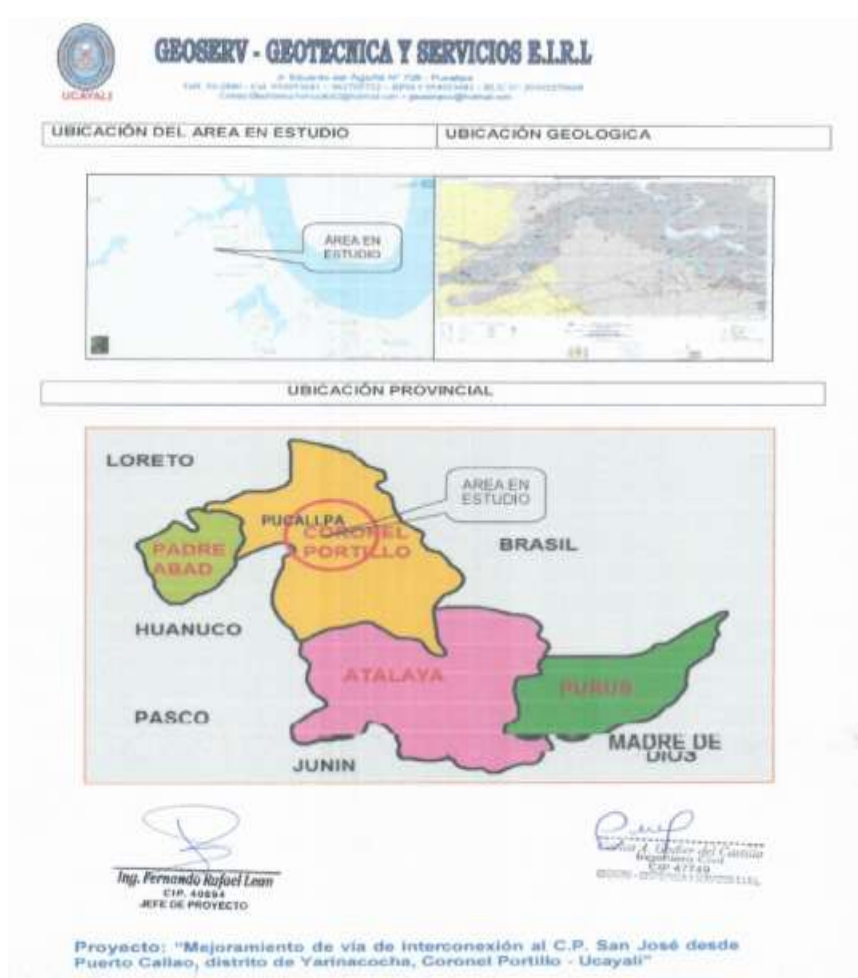
La extensión del proyecto abarca la región natural Omagua (entre los 100 a 160 m.s.n.m.), que se caracteriza por presentar un relieve homogéneo y de planicie ondulada.

El clima es Tropical Ecuatorial Caluroso y Húmedo (Af – clasificación realizada por W. Koopen). Esta región se caracteriza por presentar lluvias permanentes a lo largo del año, siendo los niveles mínimos de precipitación mensual a 60 m.m. El proyecto se ubica en la vía interconexión al centro poblado San José, en el distrito de Yarinacocha. Asimismo, se encuentra inscrito en las siguientes coordenadas geográficas

CUADRO N°01 UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL PROYECTO			
COORDENADAS			ALTITUD (m.s.n.m.)
INICIO	550,984 E	9°073,174 N	156.50
FINAL	549,808 E	9°074,465 N	149.20

El área de estudio se encuentra ubicado en:

Distrito: Yarinacocha
 Provincia: coronel Portillo
 Departamento: Ucayali

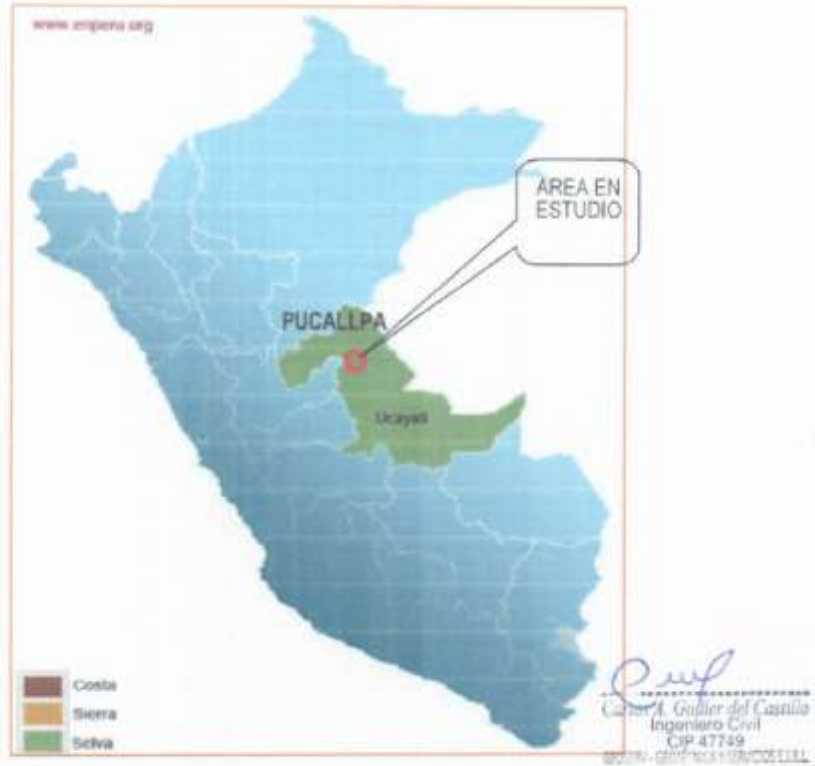




GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

Jr. Estuero del Aguila N° 726 - Pucallpa
Telf: 74-2880 - Cel: 954953681 - 961795732 - RPM: 954953681 - BUC: 317 2010327048
Correo: geoserv@geoserv.com.pe - geoserv@protonmail.com

UBICACIÓN DEPARTAMENTAL



Proyecto: "Mejoramiento de vía de interconexión al C.P. San José desde Puerto Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali"

Fernando Rafael León
Fernando Rafael León

CIP. 40894

SECC. DE INGENIERIA

1.3 CONDICIONES CLIMATICAS DEL AREA EN ESTUDIO

El clima de la ciudad de Pucallpa es cálido y húmedo, característico de la selva baja, con temperaturas promedio de 30° C. Las precipitaciones pluviales altas se presentan en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo. Las precipitaciones superan los 2,350.00 mm. anuales.

1.4 TOPOGRAFÍA

El perfil longitudinal de la vía de interconexión al centro poblado San José topográficamente es casi plano y con ondulaciones intermedias.

2.0 MEMORIA DESCRIPTIVA DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

Para el desarrollo del estudio y en conformidad a los términos de referencia se ha recopilado información cartográfica de campo y de las siguientes instituciones:

- Instituto Geográfico Nacional (IGN)
- Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET) Obteniendo la siguiente información:
 - Carta Nacional, escala 1:100 000. (INGEMMET)
Cuadrángulo Geológico de Ucayali, hoja 20-k, Escala 1: 100000
- Trabajo de campo: El cual consiste dentro del plan en la recopilación de información de las exploraciones (calicatas y sondeos) e investigación del material presente en el área de trabajo para su posterior procesamiento y comparación con información de las diferentes instituciones especializadas.

3.0 EVALUACIÓN DE CARACTERISTICAS GEOTECNICAS Y EFECTOS GEODINAMICOS EXTERNOS E INTERNOS

Para la evaluación del proyecto que se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Ucayali. El mismo que se caracteriza por presentar un cauce amplio cuyo recorrido sigue una forma meándrica, con superficies laterales amplias que alcanzan varios kilómetros de ancho en ambas márgenes del río.

3.1 GEOMORFOLOGÍA

Las principales geoformas existentes en el área de estudio son el cauce del río Ucayali, los meandros, los bajiales, los caños, las cochas y los aguajales. En las siguientes líneas se detallan las características particulares de cada geoforma observada.

3.1.1 Río Ucayali

El río Ucayali es la principal geoforma del área y se desarrolla sobre una planicie de material cuaternario acumulado en una depresión estructural sobre rocas paleógenas-neógenas. Su encauzamiento se atribuye a los fallamientos reactivados durante la fase quechua en el Plioceno.

El mismo, fluye de Sureste a Noroeste (SE-NO) y se caracteriza por presentar pendiente suave, ancho variable, cauce migratorio y forma meándrica. El agua es un agente activo en el transporte de suelos a través de fenómenos repetitivos de erosión, deposición y sedimentación sobre las llanuras de inundación. Asimismo, existen ríos tributarios que al

arribar a las planicies de inundación no son determinantes en la generación de geoformas sino se adaptan a la severidad del río Ucayali.

3.1.2 Los Meandros

Los meandros son geoformas propias de los ríos de madurez avanzada y en proceso de alcanzar su perfil de equilibrio. El río Ucayali, como la mayoría de sus tributarios, se clasifica como "río en meandros". Es decir, se caracteriza por su divagación dentro de la llanura de inundación formando sinuosidades disarmonicas y casi armónicas.

3.1.3 Los Bajiales

Se denomina Bajiales a todas las depresiones del terreno que son susceptibles a inundación durante la estación de lluvias, durante la estación de estiaje su extensión es reducida, pero manteniendo cierta cantidad de agua, estos pueden clasificarse en caños, agujajes, cochas, islas fluviales y playas. En el área de trabajo se han identificado los dos primeros tipos.

3.1.4 Los Caños

Los caños son depresiones del terreno que constituyen las vías de drenaje natural del terreno. En época de estiaje se caracteriza por la ausencia de agua y extensión reducida. En época de lluvia, principalmente ante tormentas, son susceptibles de inundación pues constituyen las quebradas naturales del terreno.

3.1.5 Los Aguajales

Los aguajales, charcas o ciénagas, constituyen depresiones del terreno y se caracterizan por contener aguas estancadas cuya fuente de alimentación puede ser subterránea o por pequeñas quebradas de caudal temporal. A diferencia de los caños, los aguajales conservan cierta cantidad de agua durante todo el año.

3.1.6 Geodinámica Externa

La región Ucayali, ubicada en la vertiente oriental de la cordillera de los andes, ocupa zonas comprendidas entre la región selva alta y selva baja, en la cual destacan tres valles o ríos amazónicos principales, de Oeste a este: Aguaytía, Ucayali y Pachitea, limitados por la llanura amazónica, en esta región se ubica una importante población del país. En la ciudad de Pucallpa la posibilidad de un desastre natural sería por inundaciones ocasionados por la creciente y fuertes corrientes de agua o por eventos sísmicos en menor posibilidad que podrían ocasionar daños materiales, no hay riesgos de actividad volcánica, ni Tsunamis.

3.1.7 Geodinámica Interna

Históricamente la Región Ucayali ha sido afectada por fenómenos naturales y antrópicos los cuales han generado emergencias y/o desastres, ocasionando daños a la vida, al patrimonio y medio ambiente. En la ciudad de Pucallpa la posibilidad de un desastre natural sería por derrumbes de viviendas mal edificadas en menor posibilidad que podrían

ocasionar daños materiales por fuertes vientos, no hay riesgos de alud, aluvión, avalancha, derrumbe de cerro, deslizamiento o huaycos.

Actualmente se reconoce que la prevención y mitigación de desastres no es tarea exclusiva de los organismos tradicionales de socorro, sino que es una responsabilidad que le compete a nuestra sociedad en todos sus niveles. El recurso más idóneo para hacerle frente a los momentos más difíciles de cualquier emergencia y/o desastre, es la comunidad adecuadamente preparada y organizada, por ello es necesario un cambio de actitud en la población para lograr las condiciones favorables que permitan continuar avanzando y establecer de manera sostenible las nuevas estrategias y acción social para prevenir y mitigar los impactos de los desastres originados por eventos adversos.

3.2 ESTRATIGRAFIA

El proyecto se encuentra asentado sobre una llanura fluvial paralela al curso del río Ucayali. Este depósito pertenece al cuaternario, del holoceno reciente, y está ampliamente expuesto en el área de trabajo. El mismo tiene su origen en los relieves montañosos" situados al este y oeste del área en estudio. Su coloración es variable, está relacionada a su origen y pueden ser marrón oscuro, marrón pardo, blanquecino a marrón, entre otros. Una vez depositados, los materiales pasan a constituir el soporte de la vegetación y al paso del tiempo, los ácidos orgánicos generan cambios en su coloración. Pudiendo variar de marrón oscuro a marrón rojizo siempre superpuestos a la litología subyacente del lugar de origen o la fuente de alimentación. Asimismo, la litología varía ligeramente de composición limo-arenosa a arcillosa, depositadas en capas gruesas semiconsolidadas masivas.

3.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La principal estructura, donde se ubica el área de estudio, se encuentra definida por la margen izquierda del río Ucayali. Así, esta se caracteriza por una cobertura de material cuaternario donde no se observan pliegues ni fallas.

3.4 UNIDADES LITOLÓGICAS

En el área de ubicación del proyecto se han identificado tres unidades litológicas: arenas, arcillas y lateritas. Asimismo, se ha identificado una cuarta unidad en la fuente de agregado más cercana al proyecto.

3.4.1 Arenas

Estos depósitos se caracterizan por su composición granulométrica que presenta reducida presencia de materiales gruesos (gravas) o finos (limos y arcillas). Los depósitos de arena de origen fluvial son abundantes en la zona y se ubican a lo largo del río Ucayali y sus tributarios. Estos se caracterizan por su ubicación en forma de playas, la presencia de impurezas orgánicas, su empleo como material de construcción y su previa explotación en época de estiaje.

3.4.2. Arcillas

Estos materiales se caracterizan por granulometría fina. El depósito está formado por suelos transportados de coloración variable, con tonalidades que van desde rojizas a parduscas. Este material es abundante en el área y constituye la terraza sobre la que se asienta la ciudad de Pucallpa.

3.4.3 Lateritas

Estos suelos se forman por procesos físico-químicos en climas tropicales con materiales de coloración rojiza. En general, los suelos tropicales contienen importantes cantidades desde materia orgánica que, al descomponerse, actúan como un agente reductor cambiando el óxido férrico a óxido ferroso. Pudiendo cambiar su color rojo primario al secundario verde-grisáceo.

3.4.4 Gravas

Se ha identificado este material en la fuente de agregados ubicada en el río Aguaytía a 60km. De la ciudad de Pucallpa, en la localidad de Curimaná. A lo largo del curso del río Aguaytía existen en diversas canteras donde se ubica este tipo de depósitos tales como Curimaná, Nuevo Piura y Nueva Requena. Su explotación es temporal y exclusivamente en época de estiaje. La importancia de este material radica en su empleo como agregado de construcción de infraestructura urbana en la ciudad de Pucallpa. Además, se ha identificado, en la zona, la comercialización de gravas y arenas transportadas desde el río Pachitea a través de embarcaciones dedicadas al transporte y comercialización de agregados. A diferencia de los materiales del río Aguaytía, su explotación es permanente, durante todo el año.

3.5 CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS

La presencia de agua en los materiales geológicos afecta a sus propiedades y comportamiento físicos mecánicos. Las aguas superficiales y subterráneas dan lugar a procesos de meteorización física y química y pueden provocar cambios en el relieve y movimientos del terreno. como hinchamientos, contracciones, asentamientos. entre otros. Durante la prospección no se ha establecido la existencia de formaciones acuíferas y/o zonas de infiltración de aguas subterráneas. Sin embargo, se ha observado la existencia de áreas inundables en épocas de creciente máximas avenidas debido a que constituye la quebrada natural del terreno.

3.6 RIESGOS GEOLOGICOS

Esta zona está constituida por las ondulaciones existentes en el área de planicies. La misma, se forma en las zonas que constituyen el drenaje natural del terreno y se caracteriza por presentar inundaciones pasajeras durante la época de máximas avenidas. En ella, se acumula agua de escasa fluidez debido a las ondulaciones de terreno, la reducida pendiente del terreno y la presencia de gran cantidad de viviendas sobre el área de influencia.



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

Jr. Eduardo del Aguila N° 725 - Pucallpa
 Telf: 074-2880 - Cel: 954953681 - 952787512 - 8252495453681 - 821012103027868
 Correo: geoserv@geoserv.com - geoserv@hotmial.com

CUADRO N°02 COLUMNA LITOSTRATIGRAFICA

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS		
			GRUPO O FORMACIÓN	SED. Y ROCAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depositos Fluviales	Qh-fl	
			Depositos Aluviales	Qh-al	
		PLEISTOCENO	Terrazas Fluviales	Qp-fl	
			Formación Ucayali	NQ-u	
	NEÓGENO	MIOCENO	Formación Ipururo	N-i	
			Formación Chambirá	PN-ch	
	PALEOGENO	EOCENO	Formación Yahuarango	P-y	
	MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR	Formación Chonta	Ki-s-ch
			INFERIOR	Formación Agua Caliente	Ki-ac
				Formación Esperanza	Ki-e
Formación Cushabatay				Ki-c	
JURÁSICO		SUPERIOR	Formación Sarayaquillo	JS-s	



Fernando Rafael Leon
 CIP. 49894
 JEFE DE PROYECTO

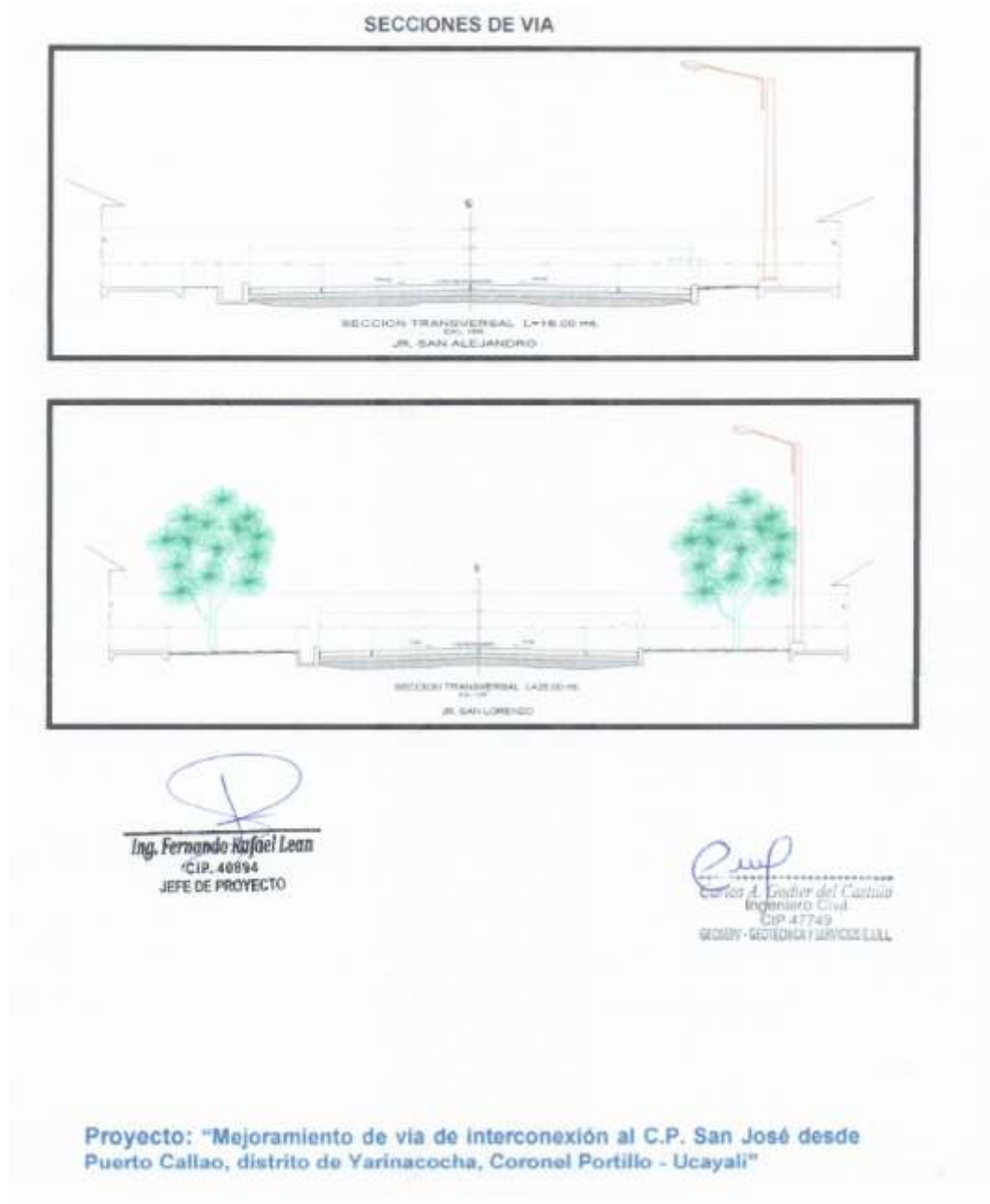


Carlos A. Godier del Castillo
 Ingeniero Civil
 CIP. 47749
 GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

Proyecto de construcción de vía de interconexión al C.P. San José desde Puerto Calle de Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali"

4.0 CARACTERISTICAS DEL PROYECTO

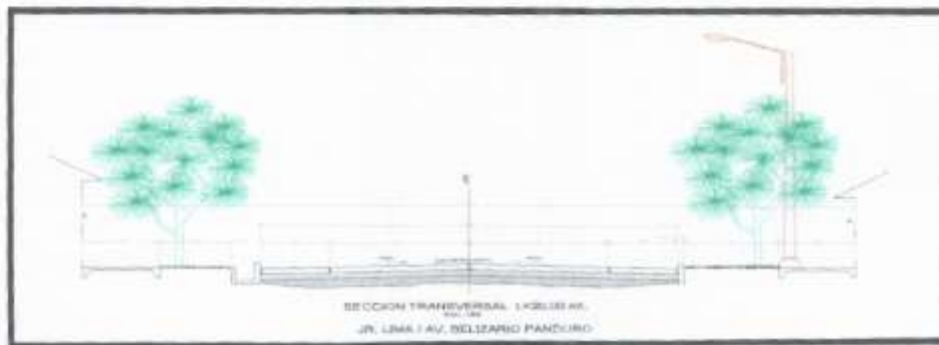
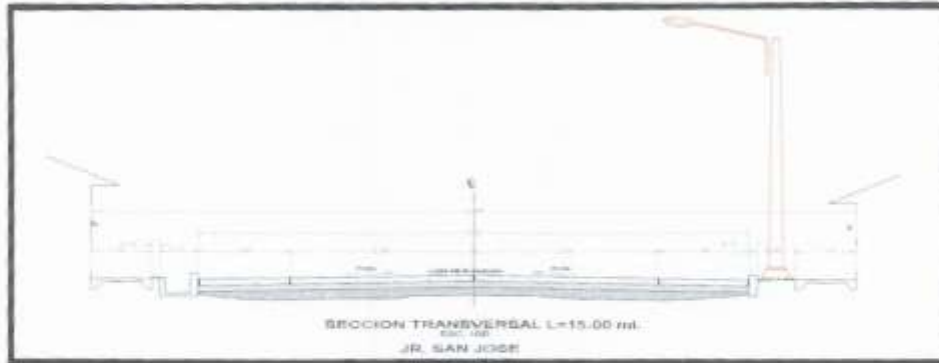
El presente proyecto consiste en pavimentar con losa de concreto armado de $f'c=245$ kg/cm². La vía de interconexión al centro poblado San José, en una longitud de 4+690.77 Km. El proyecto de pavimentación incluye veredas, canaletas, sardineles, bermas intermedias y jardinería. Las secciones de la vía son variables, pero conserva los mismos componentes.





GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

Jr. Eduardo del Aguila N° 725 - Puzalpa
Telf: 74 2880 - Cel: 954534881 - 947007722 - EPM: 954697981 - BUC: N° 2014027948
Correo Electronico: geoserv@total.com - geoserv@total.com



5.0 TRABAJOS DE CAMPO

Los trabajos de campo consistieron en la exploración del sub suelo adyacente mediante calicatas y sondeos a cielo abierto de 1.50 m. de profundidad en toda la longitud de la vía y muestreos de cada estrato encontrado en las exploraciones. También se realizaron ensayos de penetración estándar SPT para determinar la resistencia o capacidad admisible del suelo de fundación en el área donde se proyecta la ampliación de un puente.

5.1 EXCAVACIONES

Se realizaron diez (10) excavaciones o calicatas en la modalidad “a cielo abierto”, y diez (10) pozos de sondeo de 1.50 m. de profundidad, también se tomaron muestras alteradas donde se proyectan las obras de pavimento, este sistema de exploración y auscultación nos permite analizar directamente los diferentes estratos encontrados, así como sus principales características físicas y mecánicas, tales como: gradación, color, humedad, plasticidad, compacidad, etc. Las excavaciones alcanzaron las siguientes profundidades.



GOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS S.R.L.

Av. Ejército del Norte 17786 - Pucallpa
 Telf: 075 280 114 (central) - 075 2811111 - 075 2811111 - 075 2811111
 E-mail: goserv@goserv.com.pe - goserv@goserv.com.pe

CUADRO N°02 UBICACIÓN DE CALICATAS

CALICATAS	Progresiva	Profundidad (m)	Nivel Freático (m)
C - 1	Km. 0+000.00 Lado Izq.	1.50	-
C - 2	Km. 0+500.00 Lado Der.	1.50	-
C - 3	Km. 1+000.00 Lado Izq.	1.50	-
C - 4	Km. 1+500.00 Lado Der.	1.50	-
C - 5	Km. 2+000.00 Lado Izq.	1.50	-
C - 6	Km. 2+500.00 Lado Der.	1.50	-
C - 7	Km. 3+000.00 Lado Der.	1.50	-
C - 8	Km. 3+500.00 Lado Izq.	1.50	-
C - 9	Km. 4+150.00 Lado Der.	1.50	-
C - 10	Km. 4+550.00 Lado Izq.	1.50	-

Nota: se observaron presencia del nivel freático en los puntos de investigación a la profundidad superior de 1.50 m.

CUADRO N°03 UBICACIÓN DE POZOS DE SONDEO

SONDEOS	Progresiva	Profundidad (m)	Nivel Freático (m)
C - 1	Km. 0+250.00 Lado Der.	1.50	-
C - 2	Km. 0+750.00 Lado Izq.	1.50	-
C - 3	Km. 1+250.00 Lado Der.	1.50	-
C - 4	Km. 1+750.00 Lado Izq.	1.50	-
C - 5	Km. 2+250.00 Lado Der.	1.50	-
C - 6	Km. 2+750.00 Lado Izq.	1.50	-
C - 7	Km. 3+250.00 Lado Der.	1.50	-
C - 8	Km. 3+750.00 Lado Izq.	1.50	-
C - 9	Km. 4+300.00 Lado Der.	1.50	-
C - 10	Km. 4+550.00 Lado Izq.	1.50	-

Ing. Ricardo Rafael León
 Proyecto: Mejoramiento de vía de interconexión al C.P. San José desde
 Puerto Callao al distrito de Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali

5.2 MUESTREO DISTRUBADO

Se tomaron muestras disturbadas de cada uno de los tipos de suelos encontrados, en cantidad suficiente como para realizar los ensayos de clasificación e identificación en laboratorio, para determinar las características físicas mecánicas del suelo de fundación. Además, se extrajo una muestra inalterada representativa en la prospección de la calicata C-4 a 1.50 m. de profundidad para realizar los ensayos de corte directo ASTM 0-3080 para obtener parámetros de cohesión (C) y ángulo de fricción (ϕ) para determinar la capacidad portante admisible del suelo de fundación (profundidad de desplante). Así mismo se realizó dos ensayos de consolidación Unidimensional norma ASTM 0-2487 para determinar los asentamientos diferencial y total del suelo de fundación.

5.3 REGISTRO DE EXCAVACIONES

Se tomaron muestras disturbadas de cada uno de los tipos de suelos encontrados, en cantidades suficientes como para realizar los ensayos de C.B.R. clasificación e identificación de las muestras en el laboratorio.





GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

Jr Eduardo del Aguila N° 728 - Pucallpa
Telf: 74-2880 - Cel: 954973481 - 961707732 - EPM: 954993481 - RUC: 201891279648
Correo: Electronico: ventas@geoserv.com - geoserv@geoserv.com



FOTO N°02: SE OBSERVA LA VISTA PANORAMICA DE LA CALICATA C-2



FOTO N°03: SE OBSERVA LA VISTA PANORAMICA DE LA CALICATA C-3

Ing. Fernando Rafael León
CIP: 40894
PROFESOR DE PROFESION

Gerardo A. Guadalupe del Castillo
Ingeniero Civil
CIP 47749
GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

Proyecto: "Mejoramiento de vía de interconexión al C.P. San José desde Puerto Callao, distrito de Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali"



GEOSEV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.


Av. Huancabamba N° 728 - Pasadizo
Tel: 051-984-414 3247281 - 414 707731 - 984-4141440 - 414 414 4141440
Correo: geosev@geosev.com.pe - geosev@geosev.com



FOTO N°18. SE OBSERVA LA VISTA PANORAMICA DEL SONDEO N°08



FOTO N°19. SE OBSERVA LA VISTA PANORAMICA DEL SONDEO N°09


Ing. Fernando Rojas Leon
CIP. 49904


Ing. Fernando Rojas Leon
CIP. 49904

Proyecto de Mejoramiento de vía de interconexión al C.P. San José desde
Puerto Callao, distrito de Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali



6.0 GEOTECNIA DE LA SUB RASANTE

6.1 INTRODUCCIÓN

El estudio de los materiales que constituyen la actual estructura del pavimento (carpeta de rodadura) y la subrasante permiten determinar sus propiedades físico-mecánicas y establecer la estabilidad-calidad del pavimento existente para su mejoramiento. Estas propiedades se determinan con ensayos de campo y laboratorio, infiriendo el perfil estratigráfico de la vía mediante pozos de exploración, recolectando muestras y transportándolas al laboratorio para ser ensayadas como corresponde. El estudio del subsuelo a través de pozos de exploración y calicatas permiten, no solo inferir el terreno de fundación, sino recabar muestras y datos representativos de la zona de estudio, lo que permitirá realizar planteamientos técnicos óptimos para el desarrollo del proyecto. Durante la ejecución de la recolección de muestras del material de la actual superficie de rodadura se ha establecido que, sobre su conformación, existe una importante influencia antrópica desarrollada durante etapas previas de mejora del tránsito sobre la vía y mitigación de inundaciones por tormentas. Actualmente la estructura de la vía se encuentra conformada por una carpeta de rodadura conformada por material granular con arcillas en estado de deterioro (base granular), continuando se ha encontrado una subrasante sobre rellenos de calidad variable. En la vía predomina el transporte de pasajeros en vehículos motorizados, automóviles, camionetas, camiones, camiones de menor tonelaje y camiones pesados que transportan material de rellenos para uso en obras civiles.

6.2 INVESTIGACIONES DE CAMPO DEL SUELO DE LA SUB RASANTE

Previa zonificación inspeccionando el estado actual de la plataforma, la superficie de rodadura, las ondulaciones del terreno y los drenajes naturales se han ubicado y excavado las calicatas (Trincheras a cielo abierto) y los pozos de sondeo convenientemente distanciados, aplicando las normas del MTC según la categoría de la vía respecto al kilometraje de inicio y final o sea del km 0+000.00 - 4+690.77, las excavaciones se realizaron manualmente a partir del nivel de rasante actual de la vía hasta una profundidad máxima de 1.50 m. En total, se han excavado 10 calicatas y se han denominado como C-01 al C-10 a lo ancho de la plataforma y el eje de la vía. Además, se han realizado 10 pozos de sondajes complementarios intermedios entre las calicatas denominado como Sondeo N°01 al N°10, en el en el tramo 0+000.00 - 4+690.77 de 1.50 m. de profundidad máxima con el objeto de verificar los perfiles estratigráficos del suelo que permitan establecer los parámetros físicos mecánicos del suelo donde se proyecta pavimentar y construir obras de arte menores a excepción del puente San Lorenzo Ofer Anexos - Registro de excavaciones). El resumen de la ubicación de los pozos de exploración y sus características más relevantes (clasificación de suelos, profundidad de exploración, etc.) se muestran en la lámina UC PS • 01: Ubicación de Calicatas y pozos de sondeos. Las muestras disturbadas representativas de suelos que conforman la sub-rasante se han obtenido en cantidades suficientes para realizar los ensayos correspondientes, habiendo sido debidamente identificadas y embaladas en bolsas plásticas y de polietileno para su conservación y traslado al laboratorio. En los registros de excavación, se han anotado el espesor de los estratos de suelo y aplicando el procedimiento de campo (visual-manual) se han obtenido la clasificación de suelos (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) que se corrobora con los ensayos de laboratorio. Los ensayos estándares y especiales se han llevado a cabo en el laboratorio **GEOSERV E.I.R.L** en la ciudad de Pucallpa. Para determinar las propiedades físicas, mecánicas de la muestra se han programado realizar los siguientes ensayos de acuerdo a los procedimientos de la American society for testing and materials (ASTM), la America asociación of state highwat and transportation oficial (AASHTO) y normas peruanas que indican a continuación.

7.0 ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos de laboratorio se realizaron de acuerdo a las normas que se indican en la tabla 2.2.5 de la Norma Técnica E-050, en concordancia con el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), capítulo E-050 Suelos y cimentaciones, y la norma "CE.010 Pavimentos Urbanos". Consistieron en la ejecución de los ensayos de las muestras alteradas e inalteradas extraídas del suelo de fundación y subrasante para determinar los porcentajes granulométricos de distribución del material, los límites de consistencias, contenidos de humedades, capacidad admisible, asentamientos y el valor de soporte de la subrasante de vía, cuyos resultados permitieron la clasificación e identificación de las muestras por los sistemas AASHTO, norma T-86-90 y SUCS que equivale a la ASTM D-420-69, para el presente estudio se aplicara para todos los efectos el procedimiento establecido en las normas MTC E 101, MTC E 102, MTC E 103 y MTC E 104 que recogen los mencionados alcances de AASHTO y ASTM. Se ha clasificado los suelos de las calicatas de acuerdo a la tabla 2.1.

CUADRO N° 54 TABLA N° 2.1 ENSAYOS DE LABORATORIO	
ENSAYO	NORMA APLICABLE
Clasificación de suelos	ASTM D - 2487
Análisis Granulométrico	ASTM D - 422
Contenido de humedad	ASTM D - 2216
Límite líquido y Plástico	ASTM D - 4318
Corte Directo	ASTM D - 3080
Consolidación unidimensional	ASTM D - 2435-95
Sales solubles totales	NTP 339.152
Sulfatos	NTP 339.178
Cloruros	NTP 339.177
C.B.R	ASTM D - 1883


Ing. Fernando Rojas León
 CIP. 48854
 JEFE DE PROYECTO


Ing. Fernando Rojas León
 CIP. 48854
 JEFE DE PROYECTO

Proyecto: "Mejoramiento de vía de interconexión al C.P. San José desde Puerto Callao, distrito de Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali"



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.L.R.L.

Av. Salcedo de Aguirre N° 158 - Pucallpa
 Telf: 075-826-122 (extensión) - 82612711 - 82612712 - 82612713 - 82612714
 Correo: geoserv@geoserv.com.pe - geoserv@geoserv.com



FOTO N°21: SE OBSERVA LA VISTA PANORAMICA ANTES DE INICIAR EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO



FOTO N°22: SE OBSERVA LA VISTA PANORAMICA DEL ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Ing. Fernando Rojas León
 Proyecto: "Mejoramiento de vía de interconexión al C.P. San José desde Puerto Callao, distrito de Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali"


Ing. Fernando Rojas León
 CIP. 48854
 JEFE DE PROYECTO



GEOSEV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

2. Av. Universidad Agraria N° 129 - Pucallpa
10010 Pucallpa - Ucayali - Perú
Tel: 075 2204444 - 075 2204445 - 075 2204446 - 075 2204447
Correo: geosev@geosev.com.pe - geosev@ucf.edu.pe



FOTO N°23: SE OBSERVA AL PERSONAL TECNICO REALIZANDO EL TAMEZADO DE LA MUESTRA DEL ENSAYO GRANULOMETRICO



FOTO N°24: SE OBSERVA AL PERSONAL TECNICO REALIZANDO ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO.

Ing. Fernando Rodríguez Ferrer
CIP: 14541
Proyecto: "Mejoramiento de vía de interconexión al C.P. San José desde
Puerto Coronel Portillo de Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali"

[Handwritten signature]
Ing. Fernando Rodríguez Ferrer
CIP: 14541
GEOSEV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

Av. Eduardo Ugarte N° 728 - Pucallpa
TEL: 075 2206 1122 (CENTRAL) - 075 2207171 - 075 22071481 - 075 22 22071999
Correo: geoserv@geoserv.com.pe - geoserv@ucayali.com



FOTO N°25: SE OBSERVA AL PERSONAL TECNICO INICIANDO EL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (CMR)



FOTO N°26: SE OBSERVA AL PERSONAL TECNICO MIXTIENDO LA EXPANSION DE LA MUESTRA ENSAYADA (CMR)

Ing. Fernando Nabil Leon
Proyecto: **Carretera de interconexión al C.P. San José desde**
Puerto Coronado de Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali

[Handwritten signature]
GEOLOGIA Y GEOTECNICA
S.A. DE C.A.
SUCURSAL
CORONEL PORTILLO - UCAYALI



GROSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

Av. Elvira del Aguero N° 708 - Pucallpa
Dist. Pucallpa - Cuzco 07070 - 07170 - 07210 - 07310 - 07410 - 07510
Tel: (070) 421 1111 - 421 1112 - 421 1113 - 421 1114 - 421 1115 - 421 1116 - 421 1117 - 421 1118
Fax: (070) 421 1119 - 421 1120 - 421 1121 - 421 1122 - 421 1123 - 421 1124 - 421 1125 - 421 1126 - 421 1127 - 421 1128 - 421 1129 - 421 1130
E-mail: groserv@groserv.com - groserv@pucallpa.com



FOTO N°27: SE OBSERVA AL PERSONAL TECNICO REALIZANDO EL ENSAYO DE PENETRACION DEL CSR



FOTO N°28: SE OBSERVA AL PERSONAL TECNICO INICIANDO EL ENSAYO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

Ing. Fortunato Rafael Lora

CIP: 40294

Proyecto: Mejoramiento de vía de interconexión al C.P. San José desde Puerto Callao, distrito de Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali





FOTO N°29: SE OBSERVA AL PERSONAL TECNICO CONTINUANDO CON EL ENSAYO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL.

7.1 METODOLOGIA PARA LOS COEFICIENTES C_c y C_u

Determinar la distribución del tamaño de partículas mayores a 0.074 mm por medio de procesos de tamizado de muestras de suelo. A partir de dicha distribución se construirá la curva granulométrica, y se calcularán el Coeficiente de Uniformidad (C_u) y el Coeficiente de Curvatura (C_c) cuando corresponda.

Los resultados del ensayo son presentados en una planilla de laboratorio que contiene los datos de la muestra, los pesos retenidos en cada tamiz determinados en laboratorio, los porcentajes retenidos acumulados y porcentajes pasantes, y la gráfica semilogarítmica entre el porcentaje que pasa y los tamaños de partícula. Siempre que sean aplicables, la planilla también incluye los valores de los coeficientes de uniformidad (C_u) y de curvatura (C_c) junto con los parámetros necesarios para su determinación.

1.- Coeficiente de uniformidad

Sirve para medir y calificar el grado de distribución de tamaños de las partículas de un suelo. Por ejemplo, si todas las partículas son muy similares en tamaño, D_{60} y D_{10} no diferirán mucho, el coeficiente C_u será pequeño y el suelo se dice que es "uniforme" o "mal graduado". Sirve para medir y calificar el grado de distribución de tamaños de las partículas de un suelo. Por ejemplo, si todas las partículas son muy similares en tamaño, D_{60} y D_{10} no diferirán mucho, el coeficiente C_u será pequeño y el suelo se dice que es "uniforme" o "mal graduado".

Por el contrario, si el suelo tiene abundancia de tamaños intermedios entre el máximo y el mínimo, D_{60} y D_{10} diferirán sustancialmente. el coeficiente C_u será grande y el suelo se dice que está "bien graduado".

2.- Coeficiente de Curvatura

Permite diferenciar entre suelos seleccionados (o bien graduados) y pobremente seleccionados (o mal graduados), cuya consideración conduce a una definición más precisa del suelo, y que se utiliza en el Sistema de Clasificación Unificada de Suelos (USCS).

7.2 ENSAYOS DE CAMPO

Los ensayos de campo consistieron en realizar las excavaciones de diez (10) calicatas diez (10) pozos de sondeos y tomar muestras en cantidades suficientes de cada estrato encontrado, cuyas muestras fueron enviados al laboratorio GEOSERV E.1.R.L para los ensayos respectivos siguiendo las recomendaciones de las normas técnicas, también se realizaron dos (02) ensayos de penetración estándar (SPT). siguiendo las recomendaciones de las normas técnicas para determinar la capacidad portante admisible y el asentamiento diferencial del suelo de fundación, donde se proyecta la cimentación del puente, cuyos resultados nos indicaran los parámetros para el diseño de la cimentación adecuada.

Ensayo de penetración estándar SPT ASTM D-1586 (NTP 339.133)

Los ensayos de campo consistieron en ensayos de penetración estándar (SPT) para determinar las capacidades portantes admisibles y los asentamientos diferenciales del suelo de fundación a la profundidad, donde se proyecta el desplante de los estribos del puente, cuyos resultados nos permitirán diseñar la cimentación adecuada, estos ensayos fueron realizados siguiendo las recomendaciones de las normas técnicas Ensayo penetración estándar (SPT) ASTM D-1586 (NTP 339.133). De acuerdo a lo dictaminado en el artículo 10 de la norma [E-050 de suelos y cimentaciones del reglamento Nacional de Edificaciones](#) se han realizado ensayos de campo. Con el fin de investigar las características físicas y mecánicas “[In situ](#)” de los suelos, donde se va a cimentar, para tal se considero los ensayos de penetración estándar (SPT), según la Norma Técnica Peruana N°339.133 equivalente a la norma ASTM D-158, según lo establece la tabla N°3.



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

J. Eduardo del Aguila N° 728 - Pucallpa
 Telf: 74-2860 - Cel: 954913681 - 961767312 - RPM: 954913681 - BUC: N° 2039327968
 Correo Electrónico: geoserv@geoserv.com - geoservpu@geoserv.com

CUADRO N° 05 TABLA N° 3 APLICACIÓN Y LIMITACIONES DE LOS ENSAYOS								
Ensayos In Situ	Norma Aplicable	Aplicación Recomendada			Aplicación Restringida		Aplicación No Recomendada	
		Técnica de Investigación	Tipo de Suelo (1)	Parámetro a obtener (2)	Técnica de Investigación	Tipo de Suelo (1)	Técnica de Investigación Suelo (1)	Tipo de Suelo
SPT	NTF 308 133 (ASTM D1586)	Perforación	SM, SC, SM	N	Perforación	CL, ML, SC, MH, CH	Calicata	Lo restante

(1) Según Clasificación SUCS, cuando los ensayos son aplicables a suelos de doble simbología, ambos están incluidos.

(2) Leyenda:

N = Número de golpes por cada 0,15 m de penetración en el ensayo de penetración estándar.

Los ensayos de SPT se han realizado en las áreas donde se proyectan los estribos del puente.

◆ PUEBLO SAN LORENZO - SPT N°01 LADO IZQ. PROG. 2+328.90



FOTO N° 26: SE OBSERVA LA VISTA PANORAMICA DEL ENSAYO DE PENETRACION (SPT)


 Ing. Fernando Rafael Lean
 CIP. 40894
 JEFE DE PROYECTO


 Ing. A. Sandoval del Castillo
 Ingeniero Civil
 CIP 47149
 GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

Proyecto: "Mejoramiento de via de interconexión al C.P. San José desde Puerto Callao, distrito de Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali"



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

Jr. Eduardo del Aguila N° 726 - Pucallpa
Tel: 076-2880 - Cel: 95495481 - 95495482 - EPS: 054953681 - SIC: 51-20195270648
Correo Electronico: hennysk@geoserv.com - geoserv@geoserv.com



FOTO N° 29: SE OBSERVA LA VISTA PANORAMICA DEL ENSAYO DE PENETRACION (SPT)

8.0 CLASIFICACION DE SUELOS

Las muestras ensayadas se han clasificado de acuerdo American Association of State Highway Officials (AASHTO) y al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS). Las muestras no ensayadas se han clasificado mediante pruebas sencillas de campo, observaciones y comparaciones con las muestras respectivas.

TABLA N° 2.2.5.

SISTEMAS DE CLASIFICACION

A.- SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS DE GRANO GRUESO, (más del 50% del material no pasa el tamiz # 200)

Arenas (más del 50% de la fracción gruesa es menor que el tamiz # 4)		Gravas (más del 50% de la fracción gruesa es mayor que el tamiz # 4)	
Arena con finos (Cant. Apreciable de finos)	Arenas limpias (pocos o ningún fino)	Gravas con finos (Cant. Apreciable de finos)	Gravas limpias (pocos o ningún fino)
SC	SM	SP	SW
		GC	GM
		GP	GW

Proyecto: "Mejoramiento de vía de interconexión al C.P. San José desde Puerto Caliac, Puerto de Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali"

Jefe de Proyecto



GEOSEV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

Jl. Eduardo del Aguila N° 729 - Pucallpa
 Telf: 54-2082 - Cel: 954913681 - 961702732 - RPM: 954913681 - BUC N° 2010129668
 Correo Electronico: fernandok@formal.com - geoserv@formal.com

Arenas Arcillosas	Arenas Limosas	Arenas mal graduadas Arenas-Gravosas poco fino	Arenas bien graduadas Arenas gravosas poco fino	Gravas arcillosas Mezclas gravo-arenas arcillosas	Gravas limosas Mezclas grava arena limo	Gravas mal graduadas Gravas arenosas poco fino	Gravas bien graduadas Mezclas gravosas poco fino
$Ip > 7$	$Ip < 4$	$Cu > 6$ $1 < Cc < 3$		$Ip > 7$	$Ip > 4$		$Cc > 4$ $1 < Cc < 3$
Use doble simbolo				Use doble simbolo			
$4 < Ip < 7$ (SC-SM)				$4 < Ip < 7$ (GC-GM)			
G = Grava W = Bien graduada		Cc = Coeficiente de curvatura		Ip = Índice plástico			
S = Arena P = mal graduada		Cu = Coeficiente de uniformidad					

B.- SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS DE GRANO FINO

(Más del 50% del material pasa el tamiz # 200)

Suelos Altamente orgánicos	Limos y arcillas (límite líquido > 50)			Limos y arcillas (límite líquido < 50)		
	Pt	OH	CH	MH	OL	CL
Turbas y otros Suelos Altamente Orgánicos	Arcillas Orgánicas de media Alta plasticidad Limos Orgánicos	Arcillas Inorgánico de alta plasticidad Arcillas grasas	Limos inorgán. Suelos limosos o arenosos finos micáceos suelos elásticos	Limos orgánicos Arcillas orgánicas de baja plasticidad	Arcillas inorgán. de baja a media plasticidad Arcillas gravosas Arcillas arenosas Arcillas limosas Arcillas margas	Limos inorgán. y arena muy fina Polvo de roca Arenas finas limosas o arcillosas Limos arcillosos

C.- SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS) Y AASHTO

CBR	Clasificación general	Usos	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	
			Unificado	AASHTO
0-3	Muy pobre	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A-5, A-6, A-7
3-7	Pobre a Regular	Subrasante	OH, CH, MH, OL, CL	A-4, A-5, A-6, A-7
7-20	Regular	sub-base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A-2, A-4, A-6, A-7
20-50	Bueno	Base, sub-Base	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A-1b, A-2-5, A-3, A-2-6
>50	Excelente	Base	GW, GM	A-1a, A-2-4, A-3

De acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorio, se obtiene la siguiente clasificación SUCS y AASHTO de las muestras de la sub-rasante (terreno natural).


Ing. Fernando Rafael Lean
 CIP. 40864
 JEFE DE PROYECTO


 Ing. A. Gallo del Castillo
 Ingeiero Civil
 CIP 47743
 GEOM-GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

Proyecto: Mejoramiento de vía de interconexión al C.P. San José desde Puerto Callao, distrito de Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali"



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

Jr. Eduardo del Aguila N° 726 - Pucallpa
 Telf: 0800 - 042 95497388 - 087070732 - EPM: 954953483 - BEC N° 20393276648
 Correo: geoserv@geoserv.com.pe - geoserv@ucavali.com

CUADRO DE CLASIFICACION

CALICATA N°	C-1 PROG. 0+050.00 L. IZQ.	
MUESTRA	M-1	M-2
PROFUNDIDAD	0.00 - 0.30	0.30 - 1.50
RETENIDO MALLA N° 4	52.71	0.00
PASA LA MALLA N°200	10.05	66.96
LIMITE LIQUIDO (%)	22.38	35.50
INDICE PLASTICO (%)	0.00	10.84
CLASIFICACION SUCS	GP-GC	ML
CLASIFICACION AASHTO	A-1-a (0)	A-6 (6)

CALICATA N°	C-2 PROG. 0+500.00 L. DER.	
MUESTRA	M-1	M-2
PROFUNDIDAD	0.00 - 0.40	0.40 - 1.50
RETENIDO MALLA N° 4	0.00	0.00
PASA LA MALLA N°200	89.23	99.39
LIMITE LIQUIDO (%)	55.58	66.23
INDICE PLASTICO (%)	23.29	27.89
CLASIFICACION SUCS	CH	OH
CLASIFICACION AASHTO	A-7-5 (25)	A-7-5 (36)

CALICATA N°	C-3 PROG. 1+000.00 L. IZQ.	
MUESTRA	M-1	M-2
PROFUNDIDAD	0.00 - 0.30	0.30 - 1.50
RETENIDO MALLA N° 4	55.56	0.00
PASA LA MALLA N°200	7.20	74.52
LIMITE LIQUIDO (%)	21.60	38.31
INDICE PLASTICO (%)	0.00	14.09
CLASIFICACION SUCS	GP-GC	CL
CLASIFICACION AASHTO	A-1-a (0)	A-7-6 (10)

Ing. Fernando Rafael León
 CIP 49824
 JEFE DE PROYECTO

Ing. A. Gudiño del Carrizosa
 Ingeniero Civil
 CIP 47143
 GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

Proyecto de mejoramiento de vía de interconexión al C.P. San José desde
 Puerto Callao - Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali"



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

Jr Eduardo del Aguila N° 726 - Pucallpa
TAC 74-2860 - Cel. 954971081 - 967057112 - 9754195053483 - B.C.C. N° 2079527868
Correo Electronico: fernando@geoserv.com - geoserv@geoserv.com

CALICATA N°	C-4 PROG. 1+500.00 L. DER.	
MUESTRA	M-1	M-2
PROFUNDIDAD	0.00 - 0.20	0.20 - 1.50
RETENIDO MALLA N° 4	58.46	0.00
PASA LA MALLA N°200	5.00	78.79
LIMITE LIQUIDO (%)	19.67	42.46
INDICE PLASTICO (%)	0.00	17.94
CLASIFICACION SUCS	GP	CL
CLASIFICACION AASHTO	A-1-a (0)	A-7-6 (14)

CALICATA N°	C-5 PROG. 2+000.00 L. IZQ.	
MUESTRA	M-1	M-2
PROFUNDIDAD	0.00 - 0.20	0.20 - 1.50
RETENIDO MALLA N° 4	57.14	0.00
PASA LA MALLA N°200	8.05	31.09
LIMITE LIQUIDO (%)	21.89	29.63
INDICE PLASTICO (%)	0.00	7.35
CLASIFICACION SUCS	GP-GC	SC
CLASIFICACION AASHTO	A-1-a (0)	A-2-4 (0)

CALICATA N°	C-6 PROG. 2+500.00 L. DER.		
MUESTRA	M-1	M-2	M-3
PROFUNDIDAD	0.00 - 0.20	0.20 - 0.70	0.70 - 1.50
RETENIDO MALLA N° 4	57.14	0.00	0.00
PASA LA MALLA N°200	8.05	85.32	73.68
LIMITE LIQUIDO (%)	21.89	50.81	38.58
INDICE PLASTICO (%)	0.00	20.16	14.11
CLASIFICACION SUCS	GP-GC	CH	CL
CLASIFICACION AASHTO	A-1-a (0)	A-7-5 (20)	A-6 (10)


Ing. Fernando Rafael Lean


Ing. Z. G. Coronel Portillo
Ingeniero Civil
C.O. 47743
geotec. geotecnica y servicios E.I.R.L.

Proyecto: "Mejoramiento de via de interconexión al C.P. San José desde Puerto Callao, distrito de Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali"



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

Jr. Eduardo del Aguila N° 728 - Pucallpa
 Teléfono: 085-4255641 - 085-4255732 - 085-42555641 - 085-42557368
 Correo Electrónico: geoserv@geoserv.com - geoserv@geoserv.com

CALICATA N°	C-7 PROG. 3+000.00 L. DER.	
MUESTRA	M-1	M-2
PROFUNDIDAD	0.00 - 0.20	0.20 - 1.50
RETENIDO MALLA N° 4	61.28	0.00
PASA LA MALLA N°200	12.85	93.28
LIMITE LIQUIDO (%)	22.38	52.13
INDICE PLASTICO (%)	0.00	19.93
CLASIFICACION SUCS	GC	CH
CLASIFICACION AASHTO	A-1-a (0)	A-7-5 (23)

CALICATA N°	C-8 PROG. 3+500.00 L. IZQ.	
MUESTRA	M-1	M-2
PROFUNDIDAD	0.00 - 0.20	0.20 - 1.50
RETENIDO MALLA N° 4	44.75	0.00
PASA LA MALLA N°200	21.53	96.50
LIMITE LIQUIDO (%)	24.74	56.19
INDICE PLASTICO (%)	6.37	20.84
CLASIFICACION SUCS	GC-GM	OH
CLASIFICACION AASHTO	A-2-4 (0)	A-7-5 (26)

CALICATA N°	C-9 PROG. 4+150.00 L. DER.	
MUESTRA	M-1	M-2
PROFUNDIDAD	0.00 - 0.20	0.20 - 1.50
RETENIDO MALLA N° 4	64.47	0.00
PASA LA MALLA N°200	12.11	99.39
LIMITE LIQUIDO (%)	24.74	65.54
INDICE PLASTICO (%)	0.00	30.30
CLASIFICACION SUCS	GC	OH
CLASIFICACION AASHTO	A-1-a (0)	A-7-5 (26)

Ing. Fernando Rafael León
 CIP 40894
 INGENIERO DE PROYECTO

Geoserv S.A. Ingeniero de Civil
 CIP 67790
 GEOTECNICA Y SERVICIOS S.A.

Proyecto: Mejora de la vía de interconexión al C.P. San José desde Puerto Callao, Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

Jr Eduardo del Aguila N° 728 - Pucallpa
TEL: 08-2060 - Cel: 954015041 - 953707732 - 9532 9154953643 - 9532 2098270648
Correo: informacion@geoserv.com - geoserv@geoserv.com

CALICATA N°	C-10 PROG. 4+680.00 L. IZQ.	
MUESTRA	M-1	M-2
PROFUNDIDAD	0.00- 0.40	0.40 - 1.50
RETENIDO MALLA N° 4	0.00	0.00
PASA LA MALLA N°200	74.28	72.64
LIMITE LIQUIDO (%)	38.52	38.20
INDICE PLASTICO (%)	13.97	13.42
CLASIFICACION SUCS	CL	OL
CLASIFICACION AASHTO	A-6 (10)	A-6 (9)

escenario edáfico es de tipo granular mezclado con arcillas inorgánicas superficialmente y de suelos finos arcillosos inorgánicos a veces suelos saturados en los laterales de la vía hasta una profundidad promedio de 0.50 m a 0.80 m, se adjuntan los registros de excavación y las columnas estratigráfica definitivas del escenario edáfico (ver anexo N°01 Registros de excavaciones).

CUADRO N° 08 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO EXISTENTE

ESTRUCTURA	ESPESOR
Carpeta de rodadura granular (Hormigon con arcilla)	20.00 cm
Subrasante (Terreno Natural de arcilla limosa y arcillas)	1.30 m

9.1 CONFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROYECTADO

La estructura del pavimento proyectado de la carretera Yarinacocha - C.P San José estará conformado por una losa de rodadura de concreto armado de 0.20 m. de 210Kg/ Cm² continua con una base granular conformado por hormigón 80% + tierra roja 20% de 0.25 m. de espesor de baja plasticidad la continuación presentará un suelo limo arcilloso, arcilla limosa y arcillas netas de mediana a alta plasticidad de consistencia semi compacta a compacta en un espesor promedio de 1.05 m.

CUADRO N° 09 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO PROYECTADO

ESTRUCTURA	ESPESOR
Losa de rodadura de concreto armado de 210 kg/Cm ²	20.00 cm
Base Granular(Hormigon 80% + Tierra roja 20%)	25.00 cm
Subrasante (Terreno natural)	1.05 m

9.2 ANALISIS DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DEL PAVIMENTO

Para verificar la capacidad de soporte de la subrasante la vía se han realizados ensayos de clasificación y de C.B.R (California bearing rattoo) de las muestras representativas del suelo sub adyacente, tomando como valor referencial las capacidades de soporte obtenidos de los suelos más críticos, cuyo resumen se indica en el siguiente cuadro:



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS S.R.L.

En Ecuador en Quito P.O. Box 17000 - Pinarosa
 Tel: 00593 9 25411111 - 25411112 - 25411113 - 25411114 - 25411115
 www.geoserv.com.ec/geoserv - geoserv@geoserv.com.ec



Con la finalidad de identificar y reducir los riesgos asociados a peligros o minimizar sus efectos, evitar la generación de nuevos riesgos y la preparación ante situaciones de desastre. La gestión del riesgo de desastres es el proceso social cuyo fin es la prevención, la reducción y el control permanente de los factores de riesgo de desastre en la sociedad, así como la adecuada preparación y respuesta ante situaciones de desastre, considerando las políticas nacionales con especial énfasis en aquellas relativas a materia económica, ambiental, de seguridad, defensa nacional y territorial de manera sostenida. La ciudad de Pucallpa se encuentra ubicada dentro de los factores de zona 'Z', está en la zona 2. A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la tabla. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.


Fernando Rojas Leon
 CIP. 49954
 JEFE DE PROYECTO

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10


 INGENIERO EN GEOTECNICA

Proyecto: "Mejoramiento de via de interconexión al C.P. San José desde Puerto Callao, distrito de Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali"



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS S.R.L.

o Estado de Agaña N° 228 - Ecuador
Tel: 04 2461 1111 - 04 2461 1112 - 04 2461 1113 - 04 2461 1114
Correo electrónico: info@geoserv.com - geoserv@geoserv.com

14.2 MICROZONIFICACION SISMICA

Son estudios multidisciplinarios que investigan los efectos de sismos y fenómenos asociados como licuación de suelos, deslizamientos, tsunamis y otros, sobre el área de interés. Los estudios suministran información sobre la posible modificación de las acciones sísmicas por causa de las condiciones locales y otros fenómenos naturales, así como las limitaciones y exigencias que como consecuencia de los estudios se considere para el diseño, construcción de edificaciones y otras obras. Para los siguientes casos podrán ser considerados los resultados de los estudios de microzonificación correspondientes:

- Áreas de expansión de ciudades.
- Reconstrucción de áreas urbanas destruidas por Sismos y fenómenos asociados.



Ing. Fernando Rafael León

CIP 46344

INTE DE PROYECTO

Proyecto: "Mejoramiento de vía de interconexión al C.P. San José desde Puerto Callao, distrito de Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali"



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS S.R.L.

J. Eduardo Aguirre H. TSE - Perú
Tel: 074-444 111 - 074-444 111 - 074-444 111
www.geoserv.com.pe

MAPA DE ZONIFICACION SISMICA DEL PERU



Ing. Fernando Rafael Leon
CIP 45194

CIP 45194

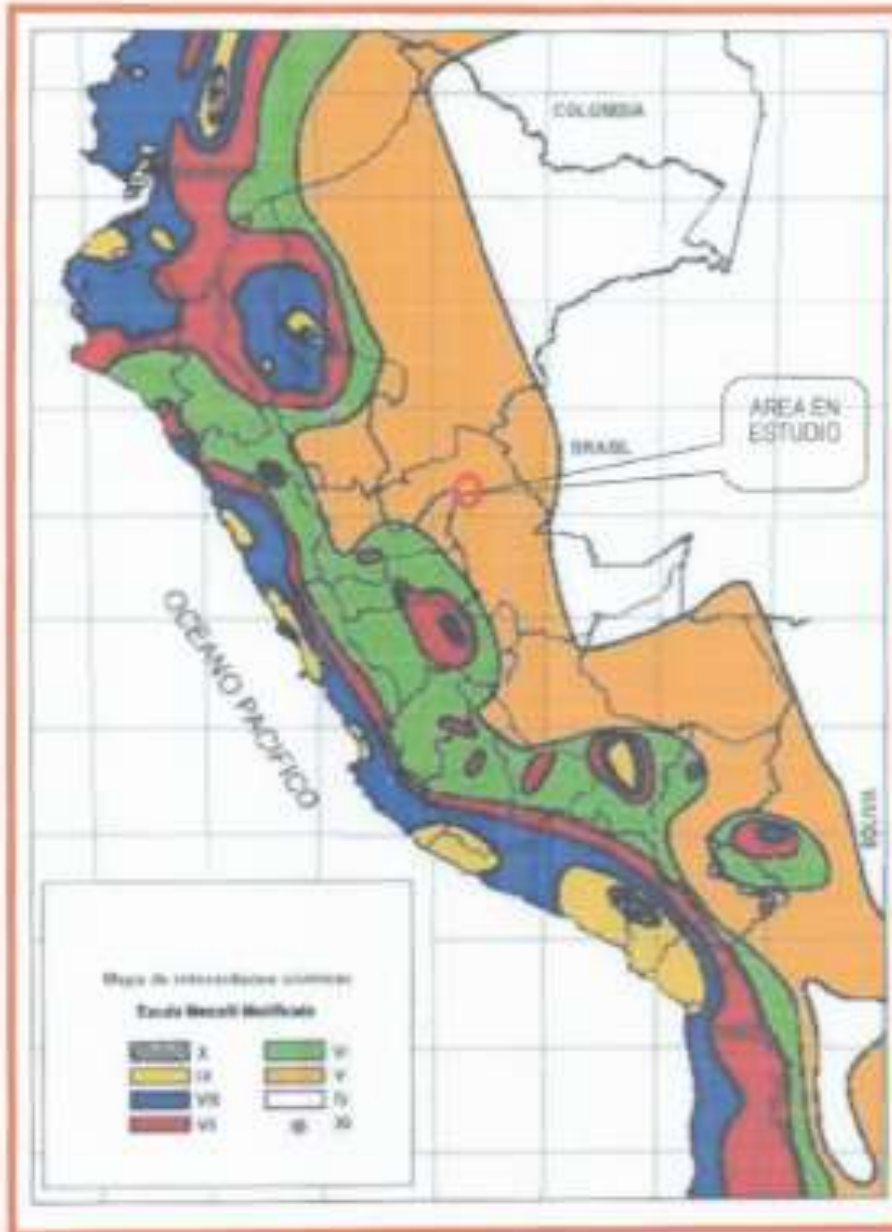
Proyecto de Mejoramiento de vía de interconexión al C.P. San José desde Puerto Callao, distrito de Yarinacocha, Coronel Purlillo - Ucayali"



GEO SERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

Avenida del Agua N° 209 - Pucallpa
Tel: 075 441 111 - 075 441 112 - 075 441 113 - 075 441 114
www.geoserv.com.pe - geoserv@geoserv.com

MAPA DE INTENSIDADES SISMICAS DEL PERU




 Ing. Fernando Rafael León
 CIP. 40594



Proyecto: "Mejoramiento de vía de interconexión al C.P. San José desde Puerto Callao, distrito de Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali"



GROSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS S.R.L.

Avenida del Aguirre N° 728 - Pasaje
 100 - PUNTA - DE - HUANUCO - 1270772 - 020 - HUANUCO - PERU - 1700000000
 www.groserv.com.pe | info@groserv.com.pe | groserv@comcast.net

CUADRO N°27: DE EXPANSIÓN DEL SUELO DE FUNDACION

CALCATABE / SPT	Muestra	Profundidad	Tipo de Suelo	Índice de plasticidad	% de Expansión
C-1	M-1	0.00 – 0.30	GP-GC	0.00%	Menor de 35
C-1	M-2	0.30 – 1.50	ML	10.54%	Menor de 35
C-2	M-1	0.00 – 0.40	CH	23.29%	Menor de 35
C-2	M-2	0.40 – 1.50	CH	27.89%	Menor de 35
C-3	M-1	0.00 – 0.30	GP-GC	0.00%	Menor de 35
C-3	M-2	0.30 – 1.50	CL	14.09%	Menor de 35
C-4	M-1	0.00 – 0.20	GP	0.00%	Menor de 35
C-4	M-2	0.20 – 1.50	CL	17.94%	Menor de 35
C-5	M-1	0.00 – 0.20	GP-GC	0.00%	Menor de 35
C-5	M-2	0.20 – 1.50	SC	7.35%	Menor de 35
C-6	M-1	0.00 – 0.20	GP-GC	0.00%	Menor de 35
C-6	M-2	0.20 – 0.70	CH	20.19%	Menor de 35
C-6	M-3	0.70 – 1.50	CL	14.11%	Menor de 35
C-7	M-1	0.00 – 0.20	GC	0.00%	Menor de 35
C-7	M-2	0.20 – 1.50	CH	19.93%	Menor de 35
C-8	M-1	0.00 – 0.20	GC-GM	6.37%	Menor de 35
C-8	M-2	0.20 – 1.50	OH	20.84%	Menor de 35
C-9	M-1	0.00 – 0.20	GC	0.00%	Menor de 35
C-9	M-2	0.20 – 1.50	OH	30.30%	Menor de 35
C-10	M-1	0.00 – 0.40	CL	13.97%	Menor de 35
C-10	M-2	0.40 – 1.50	CL	15.04%	Menor de 35
SPT N°01	M-1	6.00 – 6.90	CL	17.28%	Menor de 35
SPT N°01	M-2	8.00 – 8.90	CH	16.81%	Menor de 35
SPT N°01	M-3	9.95 – 10.80	CH	26.06%	Menor de 35
SPT N°01	M-4	14.15 – 15.80	CH	24.85%	Menor de 35
SPT N°02	M-1	6.00 – 6.90	GM	6.87%	Menor de 35
SPT N°02	M-2	8.00 – 8.90	ML	10.44%	Menor de 35
SPT N°02	M-3	9.95 – 10.80	CL	19.05%	Menor de 35
SPT N°02	M-4	14.15 – 15.80	CL	21.09%	Menor de 35

Por lo que se debe seguir las recomendaciones de los artículos 31.3 y 31.4 de la norma E-050 "Por lo tanto no está permitido cimentar directamente sobre suelos expansivos. En

Ing. Fernando Rafael Lora

Proyecto de mejoramiento de vía de interconexión al C.P. San José desde
 Puerto Callao, distrito de Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali"



GEOSEV - GEOTECNICA Y SERVICIOS S.R.L.

J. Cuervo de Aguirre 1725 - Tumbes
Tel: 04382 123 12345 - 04382 123 12345 - 04382 123 12345
www.geoserv-geotecnicay-servicios.com - geoserv@geoserv.com

cimentación deberá apoyarse sobre suelos no expansivos o con potencial de expansión bajo, por lo tanto, las cimentaciones no deberán apoyarse directamente sobre suelos expansivos y deberá dejarse un espacio libre suficientemente holgado para permitir que el suelo bajo la cimentación se expanda y no lo afecte

Debiendo ser retirados en su totalidad antes de iniciar las obras de construcción y serán reemplazados por rellenos controlados compactados adecuadamente de acuerdo al Artículo 21 (21.1), Rellenos controlados o de ingeniería de la presente Norma.

16.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- En base a los trabajos de campo, ensayos de laboratorio y al conocimiento de los suelos encontrados, se definieron las características físicas mecánicas de los suelos subadyacentes que conforman el área de estudio del proyecto: "Mejoramiento de Vía de Interconexión al C.P. San José desde Puerto Callao, distrito de Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali".
- 2.- El proyecto consta de un mejoramiento de la vía de interconexión de Yarinacocha al centro poblado San José, a nivel de pavimento rígido (losa de concreto armado de f_c 245 Kg/Cm²) en un espesor de 0.20 m, también incluye veredas, bermas, sardineles, candelitas, alcantarillas y jardinería.
- 3.- Se recomienda proteger el área de trabajo de las precipitaciones pluviales mediante el empleo de toldos para evitar que el agua perjudique los trabajos de compactación de la subrasante y de la base granular durante la etapa del proceso constructivo.
- 4.- El sub-suelo del área de estudio está constituido principalmente por material granular superficialmente mezclado con arcillas deteriorado en un espesor de 0.20 m, aproximadamente continuando el perfil estratigráfico con suelos arcilloso limosos, arcillo arenoso y arcillas netas orgánica e inorgánica de mediana a alta plasticidad hasta la profundidad explorada de en un aproximado de 1.50 m.
- 5.- Los parámetros de diseño de cimentación se ha obtenido de los valores de los ensayos realizados de SPT.


Ing. Fernando Rafael León
CIP. 40554
JEFE DE PROYECTO


CIP. 40554
JEFE DE PROYECTO

Proyecto: "Mejoramiento de vía de interconexión al C.P. San José desde Puerto Callao, distrito de Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali"



GROSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

Av. Sucre y el Aguilar N° 728 - Pucallpa
Tel: 075-324 1881111 / 075-324 1881112 / 075-324 1881113 / 075-324 1881114
www.groserv.com.pe / info@groserv.com.pe

CUADRO DE RESUMEN CONDICIONES DE CIMENTACION PARA EL AREA EN ESTUDIO DEL PUENTE SPT N°01 - PROG. 2+328.90 - LADO IZQ.

CONCEPTO	CONCLUSIONES-RECOMENDACIONES
Tipo de Cimentación	Superficiales, placa de cimentación
Estrato de Apoyo de la cimentación	Suelo mejorado granular
Posición de la Napa Freática	No existe
Profundidad de la cimentación	8.00 m
Capacidad admisible de Carga (in situ)	1.750 Kg/cm ² (Ensayo SPT ASTM D-1586)
Asentamiento admisible	Zapatas 2.40 < 2.54 cm
Agresividad a la cimentación	No se detectó
Tipo de cemento	Cemento normal tipo I
Consideraciones para ejecución de obras de cimentación. Mejoramiento del suelo de fundación	Se recomienda el uso de un material granular conformado por hormigón 70% + Tierra roja 30% en un espesor de 2.00 m.
Parámetros de diseño sismo resistente	Perfil de Suelo S2, periodo predominante Tp=0.6 seg. y Tl=2.00 seg. Factor de suelo=1.2

CUADRO DE RESUMEN CONDICIONES DE CIMENTACION PARA EL AREA EN ESTUDIO DEL PUENTE SPT N°02 - PROG. 2+313.10 - LADO DER.

CONCEPTO	CONCLUSIONES-RECOMENDACIONES
Tipo de Cimentación	Superficiales, zapata, cemento corrido
Estrato de Apoyo de la cimentación	Suelo mejorado granular
Posición de la Napa Freática	No existe
Profundidad de la cimentación	8.00 m
Capacidad admisible de Carga (in situ)	1.750 Kg/cm ² (Ensayo SPT ASTM D-1586)
Asentamiento admisible	Zapatas 2.40 < 2.54 cm
Agresividad a la cimentación	No se detectó
Tipo de cemento	Cemento normal tipo I
Consideraciones para ejecución de obras de cimentación. Mejoramiento del suelo de fundación	Se recomienda el uso de un material granular conformado por hormigón 70% + Tierra roja 30% en un espesor de 2.00 m.
Parámetros de diseño sismo resistente	Perfil de Suelo S2, periodo predominante Tp=0.6 seg. y Tl=2.00 seg. Factor de suelo=1.2


Ing. Fernando Rojas Lora
C.I.A. 4484
JEFE DEL PROYECTO


Carlos
C.I.A. 4484
JEFE DEL PROYECTO

Proyecto: "Mejoramiento de vía de interconexión al C.P. San José desde Puerto Callao, (distrito de Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali)"



GBO SERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS S.R.L.

J. Escobedo del Aguado N° 109 - Pucallpa
Tel: 075- 444 444444 - 9476702 - 9476703000 - 9476703000
www.geotecnicayservicios.com - gbo.serv@sbo.serv

CUADRO DE RESUMEN CONDICIONES DE CIMENTACION MEJORADO CON SUELOS GRANULARES PARA EL AREA EN ESTUDIO DEL PUNTE

CONCEPTO	CONCLUSIONES-RECOMENDACIONES
Tipo de Cimentación	Superficiales, zapata, cemento corrido
Estrato de Apoyo de la cimentación	Suelo mejorado con material granular
Posición de la Mapa Fróctica	No existe
Profundidad de la cimentación	6.00 m
Capacidad admisible de Carga suelo mejorado	1.750 Kg/cm ² (Ensayo SPT ASTM D-1586)
Asentamiento admisible	Zapatas 2.40 < 2.54 cm
Agresividad a la cimentación	No se detecta
Tipo de cemento	Cemento normal tipo I
Consideraciones para ejecución de obras de cimentación. Mejoramiento del suelo de fundación	Se recomienda el uso de un material granular conformado por hormigón 70% + Tierra roja 30% en un espesor de 2.00 m
Parámetros de diseño sísmo resistente	Perfil de Suelo S2, periodo predominante Tp=0.6 seg. y Tl=2.00 seg. Factor de suelo=1.2

6.- El asentamiento esperado del suelo de fundación del puente proyectado es menor a 1" (2.54 Cm) valor por debajo del límite de los parámetros establecidos que exige la norma. Asentamiento = 2.40 cm. Para evitar posibles asentamientos mayores del suelo de fundación, dado la presencia de suelos arcillosos blandos y saturados se recomienda colocar un material granular conformado por 70% de hormigón y 30% de Tierra roja en un espesor de 2.00 m.

7.- Para las obras menores de arte como las alcantarillas que considera el proyecto cuyas secciones son de 0.50 a 2.00 m. de ancho se recomienda mejorar el suelo de fundación en un espesor de 0.20 m a 0.50 colocando un material granular conformado por 70% de hormigón y 30% de Tierra roja en un espesor de 1.00 m. para mejorar la capacidad portante del suelo de fundación. Por las características de las estructuras de las OI alcantarillas y tanto el mejoramiento del suelo de fundación se estima una capacidad admisible de 1.00 Kg/Cm².

8.- El perfil del suelo es heterogéneo y está formado por un depósito fluvio aluvial de origen cuaternario, compuesto por balcones amácticos de suelo fino que se presentan sin orden ni arreglo. El perfil estratigráfico de la vía de pavimento está constituido por suelos gravales arcillosa arenosa superficialmente, arcillas limosas, arcillas arenosas y arcillas de baja a mediana plasticidad a mayor profundidad, considerados como suelos regulares a malos. Los valores de los suelos encontrados son de bajo soporte, el C.B.R. de la subrasante más


Ing. Fernando Paredes Lora
Proyecto de Mejoramiento de vía de interconexión al C.P. San José Queda
Puerto El Estrecho de Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali"



GEOSEV - GEOTECNICA Y SERVICIOS S.R.L.

4 Sucre de Agua N° 725 - Pucallpa
Tel: 075-826-124 (central) - 075-8272112 - 075-8272113 (atención al cliente)
Correo: geosev@geosev.com - geosev@geosev.com

desfavorable es 2.88 %, del material con respecto al 95% de la máxima densidad seca Teórica (MDST). Como se puede observar en el siguiente cuadro:


Ing. Fernando Kojic Lora
C.V. 45294
JEFE DE PROYECTO

CUADRO N° 08 DE ENSAYOS DE C.B.R ASTM D-1883 - VALORES DE SOPORTE DE SUBRASANTE

ESTRUCTURA	UBICACION	PROFUNDIDAD	TIPO DE SUELO	CBR (95% MDST)
CALICATA C-3	PROG. 1+000.00	0.30 - 1.50	CH	3.14 %
CALICATA C-5	PROG. 2+000.00	0.20 - 1.50	CL	6.71 %
CALICATA C-7	PROG. 3+000.00	0.20 - 1.50	CH	2.88 %
CALICATA C-9	PROG. 4+150.00	0.20 - 1.50	OH	2.12 %

9.- El perfil del suelo es heterogéneo y está formado por un depósito fluvio aluvial de origen cuaternario, compuesto por bolsones erráticos de suelo fino que se presentan sin orden ni arreglo. El perfil estratigráfico de la zona donde se proyecta el puente está constituido por suelos graves arcillosa arenosas superficialmente en un espesor de 0.10 m., arcillas limosas, arcillas arenosas y arcillas netas mediana a alta plasticidad a mayor profundidad, considerados como suelos regular a malo. En ambos estribos del puente se realizaron exploraciones hasta una profundidad de 15.00 m con el equipo de SPT.

10.- Los controles de calidad en la conformación de los rellenos de la subrasante y en el mejoramiento del suelo de fundación del puente se realizarán en capas de 0.20 m. o de acuerdo a las indicaciones del Ing. supervisor. Los grados mínimos de compactación a alcanzar en los rellenos de subrasante serán de 95% y en la base granular del pavimento y relleno del suelo de cimentación al 100% de la MDST inherente al Proctor modificado. Así también se exigirá los ensayos de clasificación de los materiales de relleno (análisis granulométricos, límite líquido e índice de plasticidad), que se utilizarán en la obra.

Proyecto: "Mejoramiento de vía de interconexión al C.P. San José desde Puerto Callao, distrito de Yarnacocha, Coronel Portillo - Ucayali"



GEOSEV - GEOTECNICA Y SERVICIOS S.R.L

C. Avenida de Aguila N° 138 - Puyo
Tel: 062 256 114 (ext. 101) - 062 256 115 (ext. 102) - 062 256 116 (ext. 103)
www.geoserv.com.ec | geoserv@geoserv.com.ec

11.- Los suelos del área de estudio en cuanto a contenidos de elementos químicos se encuentran por debajo del rango permisible, recomendándose utilizar cemento Portland tipo I ASTM C-150 sin ningún tipo de aditivos.

CUADRO N°24: Resumen de los ensayos

PRESENCIA EN EL SUELO DE	P.P.M	GRADO DE ALTERACION	OBSERVACIONES
SULFATOS	287	Leve	Usar cemento tipo I
CLORUROS	310	Leve	Usar cemento tipo I
SALES SOLUBLES TOTALES	372	Leve	Usar cemento tipo I
PH	6.50	Leve	Usar cemento tipo I

12.- El diseño de pavimento su estructura está conformado según el siguiente cuadro:

ESTRUCTURA	ESPESOR
Losa de concreto (F' C =210 Kg/Cm ²)	30.00 cm
Base granular (90%formigon +20%T Roja)	25.00 cm
Subrasante (Terreno natural)	1.00 cm.

13.- Para evitar cualquier efecto de agua sobre la sub rasante y dado el grado de precipitación pluvial que existe en la región, es conveniente tomar precauciones necesarias, para evitar alteraciones en la misma, recomendándose proyectar un adecuado sistema de drenaje superficial, lo suficientemente capaz de absorber los posibles volúmenes de agua y evitar la construcción y/o hinchamiento del suelo de fundación o subrasante.

14.- No se encontró el nivel freático en ninguna de las exploraciones de las calicatas realizadas a la profundidad investigada de 1.50 m. en lo que respecta a pavimento. En el área que se proyecta el puente se encontró el nivel freático a 4.00 m. de profundidad

Ing. Fernando Rafael León
Proyecto: ~~Asfalto~~ pavimento de vía de interconexión al C.P. San José desde Puerto Ceval, Distrito de Yamacocha, Coronel Portillo - Ucayali



GIOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS S.R.L.

Av. Ejército del Norte N° 728 - Puente
100 14 200 - LIMA - PERU - TEL: 011 441 1111 - FAX: 011 441 1111
CONTACTOS: gioserv@gioserv.com.pe - gioserv@gioserv.com

15.- El terreno de fundación es arcilloso de alta plasticidad y expansibilidad con presencia de agua, se recomienda mejorar el suelo de fundación, específicamente donde se ubican las zapatas de los estribos de los puentes, colocando un suelo granular en un espesor de 1.50 m. Para evitar el fenómeno de expansión o asentamiento más de lo permisible de acuerdo a los parámetros técnicos (2.54cm).

16.- la estructura de las veredas estará conformado por una losa de f_c 140 Kg/Cm² en un espesor de 7.5 cm el cual se colocará sobre una base granular conformada por hormigón 80% + Tierra roja 30%, el mismo que se apoyará sobre un suelo arcilloso (Terreno natural)

17.- las conclusiones y recomendaciones establecidas en el presente informe técnico son solo aplicable para el área de la obra

17.8. BIBLIOGRAFIA:

- "[OMC] - ESTRUCTURAS" Red. Principios de Ingeniería de Cimentaciones, Braja M. Das, 7ma ed.
- INGENIERIA DE CIMENTACIONES PECK. Profesor de Ingeniería de Cimentaciones Universidad de Illinois, Urbana - Champaign. HANSON, - Ingeniero Consultor y Socio Principal de Ingenieros Hanson Inc, Springfield, Illinois. THORNBURN, - Profesor de Ingeniería Civil Universidad de Illinois, Urbana Champaign.
- Carlos Crespo Vilaz, Mecánica de Suelos y Cimentaciones, México 1998, Editorial Limusa.
- Atlas del Perú. Copyright by 1989 Instituto Geográfico Nacional.
- Geología del Cuadrángulo de Pucallpa, INGEMMET, Lima - Perú, 1996. BOLETIN N° 67. Serie A: Carta Geológica Nacional.
- Alfonso Rico y Hermilo del Castillo. La Ingeniería de Suelos en las Vías terrestres - Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas, Volumen 1 y Volumen 2, México 1998, Editorial Limusa.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. Actualizado, concordado, normas complementarias. Lima 2006. Cámara Peruana de la Construcción.


Dr. Fernando Rafael Lora
C.R. 40294
JEFE DE PROYECTO


[Illegible text]

Proyecto: "Mejoramiento de vía de interconexión al C.P. San José desde Puerto Callao, distrito de Yarinacocha, Coronel Portillo - Ucayali"



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

Av. Ejército del Agua MTTN Pucallpa
Tel: 08-0000 - Cx: 90187320 - 90170510 - APMA P. Pucallpa - 01017 201001000000
Correo Electrónico: geoserv@UCAVALI.com.pe - geoserv@UCAVALI.com

**ANEXO I
PERFIL ESTRATIGRAFICO DE
CALICATAS**

Carney, Víctor J. 2014
Geotecnia
Pucallpa



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

REGISTRO DE EXCAVACION

PROYECTO:	- Mejoramiento de Vía de Interconexión al C.P. San José desde Puerto Llanero, Puerto de La Democracia, Estado Falcón - Uruguay	CALCULO:	0.91
CLIENTE:	- Vía de Interconexión al C.P. San José desde Puerto Llanero	REALIZADO:	E.S.P.
ACCIONADO:	- Francisco Salgado Velazquez	REVISADO:	E.A.S.A.
UBICACION:	- Proj. 010808 Lado izquierdo	PROYECTO DE EXCAVACION:	0.91 m de LITON
		PROFUNDIDAD TOTAL (m):	1.00
		PROF. TOTAL REAFIRMA (m):	

Cota	Descripción del suelo	SABIDO	GRANULOMETRIA (%)					LÍMITE LIQUIDO Y PLASTICO			Nº de		
			arenas	arenas finas	arenas muy finas	arenas muy finas	arenas muy finas	LL	LP	LI			
0.00	Terreno muy grueso compacto, formado por arena de medio a 2/3 de composición con fines de arena gruesa, arena de grano mediano y fino, arena gruesa gruesa y arena de medio a 2/3 de composición con fines de arena gruesa y arena de grano mediano y fino. (C.P. 010808 Lado izquierdo)	01-020	85	15	00	00	00	00	00	00	00	00	00
1.00	Terreno muy grueso compacto, formado por arena de medio a 2/3 de composición con fines de arena gruesa y arena de grano mediano y fino. (C.P. 010808 Lado izquierdo)	01-020	85	15	00	00	00	00	00	00	00	00	00



OBSERVACIONES: Descripción de excavación y profundidad registrada de C.P. 010808.


 Francisco Salgado Velazquez
 Ingeniero Civil


 E.S.P.
 1979


 Ana Fernández
 C.P. 40094
 E.S.P.

02 90270440/9020210



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

REGISTRO DE EXCAVACION

PROYECTO: Mejoramiento de Vía de Circulación a E.P. San Juan desde Puerto Viejo, Distrito de Palmares, Cantón Puyo - (Aspaf)

UBICACION: Vía de Circulación a E.P. San Juan desde Puerto Viejo, Distrito de Palmares, Cantón Puyo - (Aspaf)

CLIENTE: ASPAF

FECHA DE EJECUCION: 15/05/2018

PROY. Nº: 000001

NO. DE PLANOS: 01

FECHA DE ELABORACION: 15/05/2018

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCION DEL MUESTRO	LABORES	CUBA	ANÁLISIS (%)					CANTIDAD (m³)		
				ARENA	ARCILLA	GRASA	AGUA	GRANULOS			
0.40	Aréola, tamaño máximo de grava 19.0 mm de diámetro, peso seco y de agua según el peso húmedo, de 200 gramos con 10 (10) gr de agua (según tabla de tabla N° 200) (100 - 10) = 90 (90) g de agua = 20 (20) %	400	CH	0.00	100.00	10.17	00.22	00.00	12.20	20.00	80
1.50	Aréola, tamaño máximo de grava 19.0 mm de diámetro, peso seco y de agua según el peso húmedo, de 200 gramos con 10 (10) gr de agua (según tabla de tabla N° 200) (100 - 10) = 90 (90) g de agua = 20 (20) %	400	OH	0.00	100.00	10.17	00.22	00.00	12.20	20.00	80



OBSERVACIONES: Muestra representativa de suelo extraída a una profundidad máxima de 1.00 m.

Geoserv - Geotecnica y Servicios E.I.R.L.
Calle Comercio y Calle 10 de Agosto
Cantón Puyo, Provincia Morona Santiago

Cesar
Cesar A. L. Torres
Ingeniero Civil
Nº 87741
18037 - GEOSERV - E.I.R.L.

Fernando
Ing. Fernando Rafael León
CIP. 45884
JEFE DE PROYECTO

CC-002764-14000010



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

HC/09/1

REGISTRO DE EXCAVACION

PROYECTO:	Mejoramiento de Vía de Circulación a C.T. San José desde Puerto Talara, Distrito de Talara hasta Coronel Pringle - Uspall	CLIENTE:	OSM
UBICACION:	Vía de Mejoramiento a C.T. San José desde Puerto Talara	REALIZADO:	1.6.17
BOLETIN:	Contrato Civil No 004	REVISADO:	C.E.R.L.
ESPECIFICACION:	Prog. 0000 del lado izquierdo	FECHA DE ELABORACION:	Marzo del 2017
		PROPORCION TOTAL (%)	1.00
		PROG. 0000 100.00000000	

No.	M	DESCRIPCION DEL TRABAJO	ANCHO	CANTIDAD DE TIERRA				VOLUMEN DE TIERRA								
				TIERRA	ROCA	ROCA	TIERRA	TIERRA	ROCA	ROCA	TIERRA					
0.00		Se realiza corte de suelo de hasta 0.30' de profundidad para dar a un 2% de inclinación, se realiza compactación con 2" de arena compactada a una profundidad de 10.00' de la superficie de la zona de corte. (Ver 10.00' de la zona de corte - Plan 1-0.00)	0.0-4.00	88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00		Se realiza corte de suelo de hasta 0.30' de profundidad para dar a un 2% de inclinación, se realiza compactación con 2" de arena compactada a una profundidad de 10.00' de la superficie de la zona de corte. (Ver 10.00' de la zona de corte - Plan 1-0.00)	0.0-4.00	00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



OBSERVACIONES: Se realizaron los trabajos de corte de suelo y compactación de arena.

Ing. Fernando Rejón León
CIP. 47764

Ing. Fernando Rejón León
CIP. 47764

Ing. Fernando Rejón León
CIP. 47764

HC/002194/16000018



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L

REGISTRO DE EXCAVACION

PROYECTO		"Mejoramiento de Vía de Interconexión al C.T.P. San José de los Rios, Puerto de Tarma, Cercado de Tarma - Ucayali"		FECHA	08																																										
UBICACION		"Vía de Interconexión al C.T.P. San José de los Rios, Puerto de Tarma, Cercado de Tarma, Ucayali"		HEMISFERIO	S.S.P.																																										
COORDENADAS		"Prog. 448800 Lado Derecho"		PROFUNDIDAD EXCAVACION	Menor del 50%																																										
DESCRIPCION				PROFUNDIDAD TOTAL (m)	1.50																																										
		DESCRIPCION DEL SUELO		ESTADISTICA																																											
		"Clasificación de suelos según el método granulométrico, límite líquido y límite plástico, contenido de humedad, índice de plasticidad, coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura, densidad aparente, densidad real, etc."		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">SUELO</th> <th colspan="2">ESTADISTICA</th> <th colspan="2">ESTADISTICA</th> <th colspan="2">ESTADISTICA</th> </tr> <tr> <th colspan="2">TIPO</th> <th colspan="2">%</th> <th colspan="2">%</th> <th colspan="2">%</th> </tr> <tr> <th>CLASIFICACION</th> <th>DESCRIPCION</th> <th>0-0.25</th> <th>0.25-0.075</th> <th>0.075-0.025</th> <th>0.025-0.0075</th> <th>0.0075-0.0025</th> <th>0.0025-0.00075</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>GC</td> <td>Grava</td> <td>24.0</td> <td>76.0</td> <td>27.0</td> <td>23.0</td> <td>5.0</td> <td>25.0</td> </tr> <tr> <td>OH</td> <td>Óxido de Hierro</td> <td>0.00</td> <td>100.0</td> <td>0.01</td> <td>99.99</td> <td>99.99</td> <td>0.01</td> </tr> </tbody> </table>				SUELO		ESTADISTICA		ESTADISTICA		ESTADISTICA		TIPO		%		%		%		CLASIFICACION	DESCRIPCION	0-0.25	0.25-0.075	0.075-0.025	0.025-0.0075	0.0075-0.0025	0.0025-0.00075	GC	Grava	24.0	76.0	27.0	23.0	5.0	25.0	OH	Óxido de Hierro	0.00	100.0	0.01	99.99	99.99	0.01
SUELO		ESTADISTICA		ESTADISTICA		ESTADISTICA																																									
TIPO		%		%		%																																									
CLASIFICACION	DESCRIPCION	0-0.25	0.25-0.075	0.075-0.025	0.025-0.0075	0.0075-0.0025	0.0025-0.00075																																								
GC	Grava	24.0	76.0	27.0	23.0	5.0	25.0																																								
OH	Óxido de Hierro	0.00	100.0	0.01	99.99	99.99	0.01																																								
EXCAVACION A CIELO ABIERTO		<p>0.00 - 0.25 m: Suelo tipo arena gruesa con 20% de arcilla y 20% de arena fina, con un contenido de humedad de 15% y un índice de plasticidad de 10. (U_c = 2.1, U_u = 1.0, U_c = 1.0).</p> <p>0.25 - 1.50 m: Suelo tipo arcilla con 10% de arena gruesa y 10% de arena fina, con un contenido de humedad de 25% y un índice de plasticidad de 15. (U_c = 1.0, U_u = 1.0, U_c = 1.0).</p>																																													



OBSERVACIONES: No se observó el nivel de agua en el pozo de observación instalado en 1.50 m.

Ing. Carlos Alberto Pizarro
Ingeniero Civil

Ing. Carlos Alberto Pizarro
Ingeniero Civil
CIP 47100
Bosque - Huancayo - Ucayali E.I.R.L.

Ing. Fernando Rafael León
CIP 4884
JEFE DE PROYECTO

01-8627000000000000



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

REGISTRO DE EXCAVACION

MEMORIA	"Reglamento de Vía de Intercomunicación al C.P. San Juan de los Rios Puerto Galles, Distrito de Tarma, Central Perú - Ucayali"	PROYECTO	CIP
UBICACION	Vía de Intercomunicación al C.P. San Juan de los Rios Puerto Galles, Distrito de Tarma, Central Perú - Ucayali	NO. PLAN	C-07
PROYECTO	Reg. 4488-01 (Vía Intercom.)	PROYECTO	C.A.S.P.
		PROYECTO	Mocho A-0277
		PROYECTO	1.00

Cota	Descripción del suelo	Categoría	SBC	Gravimétrico (%)				Liquido (%)				W	L	U	I _p	I _c	
				U _{max}	U _{min}	U _{med}	U _{est}	U _{max}	U _{min}	U _{med}	U _{est}						
0.00	Suelo de arena limosa, color rojo café. (Clasificación: SC-1) (U _{max} = 60%, U _{min} = 40%, U _{med} = 50%, U _{est} = 45%, W = 18%, L = 25%, U = 1.5, I _p = 0.75)	SC-1	CL	60	40	50	45	18	25	18	25	18	25	18	25	18	25
0.10	Suelo de arena limosa, color rojo café. (Clasificación: SC-1) (U _{max} = 60%, U _{min} = 40%, U _{med} = 50%, U _{est} = 45%, W = 18%, L = 25%, U = 1.5, I _p = 0.75)	SC-1	OL	60	40	50	45	18	25	18	25	18	25	18	25	18	25



OBSERVACIONES: No se observó presencia de agua en el fondo de la excavación.

Ing. Carlos Domingo Pizarro
 Director General

Ing. Carlos A. Sandoval del Castillo
 Supervisor de Obra
 CIP 47145
 0030-000000000000000000

Ing. Fernando Rafael Lazo
 CIP. 48884
 JEFE DE PROYECTO

ED-00784-15/00078



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.L.R.L

Carretera Nacional 100 - Pinar
 Tel: 01 222 44 44 44 - 44 44 44 - 44 44 44
 Correo: geoserv@geoserv.com - geoserv@geoserv.com

PROYECTO: Mejoramiento de Vía de Interconexión al C.P. San José desde Puerto Cabeas, Distrito de Yachacoma, Cantón Puntarenas - Uruguay
SOLICITADO: Dirección Estado Vía San José
UBICACIÓN: Vía de Interconexión al C.P. San José
FECHA: Marzo, del 2019

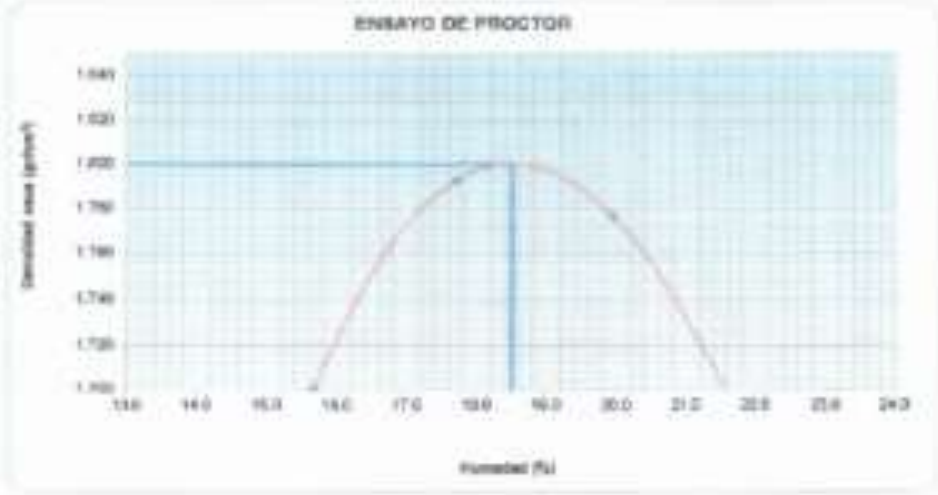
ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Calicata: Calicata Nº 09 - Prog. 4-150.00 Lado Derecho **Profundidad:** 0.20 - 1.50 m.
Muestra: M-2 **Fecha:** Marzo, del 2019

Componente	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
Prueba M	1	2	3	4
Mostrador de agua	1	2	2	2
Mostrador de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	3005	3048	3000	3060
Peso molde + molde (gr.)	1579	1594	1584	1594
Densidad (gr/cm ³)	1.947	1.942	1.932	1.947

Prueba M	1	2	3	4
Peso + molde + arena (gr.)	379.23	333.09	446.22	387.34
Peso + molde seco (gr.)	307.17	440.12	377.00	434.15
Peso de agua (gr.)	72.06	92.97	69.22	53.19
Peso de arena (gr.)	72.06	88.95	72.22	71.96
Peso de molde seco (gr.)	405.02	405.32	343.40	402.63
Humedad (%)	17.67	21.11	18.96	12.89
Densidad seca (gr/cm ³)	1.780	1.794	1.777	1.809

Máxima Densidad seca (gr/cm³) : 1.809
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 18.3



Geoserv - Geotécnica y Servicios E.L.R.L.
 Dirección General
 Calle 100, Pinar

Ing. Fernando Rafael León
 C.I.P. 48234
 JEFE DE PROYECTO

Geor A. Otero de Castro
 C.I.P. 47140
 JEFE DE LABORATORIO



GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

PROYECTO: Mejoramiento de las condiciones de tránsito de la Carretera Principal - San José
SOLICITADO: Ingeniero Ricardo del Real José
UBICACIÓN: 10a. M. (Intersección) al C.T. San José
FECHA: Manila, del 2012

ENSAYO DE CBR METODO ASTM D - 1883

Lugar: Calles 19 y 20 - Proj. de 100.00 Leds Directos
Muestra: M.2
Profundidad: 1.00 - 1.50m
Fecha: Manila, del 2012

ENSAYO DE CBR						
MÉTODO ASTM D - 1883						
ESPEC. No.	1	2	3	4	5	6
1.1) SOLERA POR CUBA	12	25	50	75	100	150
1.2) CANTO DE LA MUESTRA	300 mm	300 mm	300 mm	300 mm	300 mm	300 mm
1.3) Peso del molde + agua saturada	1262	1262	1262	1262	1262	1262
1.4) Peso del molde	800	800	800	800	800	800
1.5) Peso del agua saturada	462	462	462	462	462	462
1.6) Volumen del Suelo	7116	7116	7116	7116	7116	7116
1.7) Densidad aparente	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87
1.8) % de humedad	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7
1.9) Densidad seca	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57	1.57
1.10) Tipo + grado de compactación	92.2	92.2	92.2	92.2	92.2	92.2
1.11) Tipo + grado de curado	42x1	42x1	42x1	42x1	42x1	42x1
1.12) Peso del agua	76.2	76.2	76.2	76.2	76.2	76.2
1.13) Peso del suelo	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2
1.14) Peso del molde + agua	457.4	457.4	457.4	457.4	457.4	457.4
1.15) % de humedad	18.68	18.68	18.68	18.68	18.68	18.68
1.16) Promedio de humedad	18.7	18.68	18.68	18.68	18.68	18.68

EXPANSION											
EDAD	HORA	TEMP.	10.7 cm			15.2 cm			20.3 cm		
			mm	mm	%	mm	mm	%	mm	mm	%
11:21	14	27.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12:15	45	30.00	0.21	0.21	1.96	0.36	0.36	2.31	0.51	14.25	6.14
13:05	77	33.12	0.39	0.39	3.76	0.76	0.76	4.81	0.96	26.00	10.9
13:47	95	40.72	0.66	0.66	6.07	1.03	1.03	6.31	1.22	33.1	13.0
14:41	126	48.27	1.06	1.06	9.88	1.37	1.37	8.56	1.66	22.1	8.9

PENETRACION												
TIEMPO	MOLDE No. 1			MOLDE No. 2			MOLDE No. 3			MOLDE No. 4		
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0.30	0.960	0.000	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
0.30	0.964	0.000	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0	0	0.0
1.00	0.927	0.000	0	0	0.4	0	0	0.4	0	0	0	0.4
1.30	0.901	0.075	15	14	0.7	20	20	1.3	30	30	30	1.7
1.00	0.894	0.150	30	28	1.0	30	30	1.8	40	40	40	2.0
1.30	0.861	0.150	30	27	1.0	30	30	1.8	40	40	40	2.0
1.00	0.860	0.225	30	26	1.0	40	40	2.3	50	50	50	2.7
1.30	0.800	0.225	40	26	2.1	50	47	2.4	60	60	60	3.0
1.00	0.785	0.300	40	26	2.4	50	50	2.7	60	60	60	3.0

Observaciones: *Acta de registro de ensayos geotécnicos de laboratorio No. 012*



Ing. Fernando Rafael Loza
C.R. 43864
Jefe de Proyecto





GEOSERV - GEOTECNICA Y SERVICIOS S.R.L.

Caracas, Venezuela - Teléfono: 0212 954 1111
Calle 25 de Agosto No. 100-100, Torre 1, Edificio 100-100, Caracas, Venezuela
www.geoserv.com.ve

PROYECTO:

Reparación de la vía interurbana de la Carretera de la Costa del Estado de Miranda, Tramo 100-100

SOLUCIÓN:

Concreto de Diseño (C-20) con Fibras

UBICACIÓN:

Vía de Interurbana de la Carretera de la Costa del Estado de Miranda

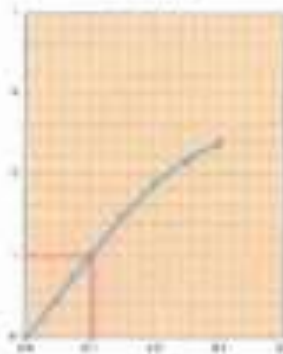
TIPO DE:

Módulo de 100-100

GRAFICO PENETRACION DE CBR

Calle: Calle 100-100 - Proj. 4-115.04 Lado Derecho
Módulo: M-2
Profundidad: 0.20 - 1.00 m.
Fecha: Marzo, del 2010

10 GOLPES



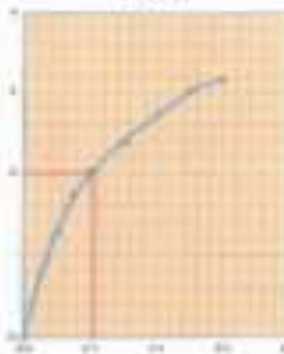
0.7754 = 1.00

20 GOLPES



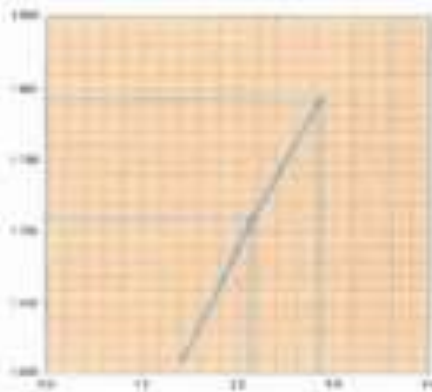
0.7754 = 1.00

30 GOLPES



0.7754 = 1.00

DETERMINACION DE CBR



Datos de Pruebas:

Temperatura	1.000	grados
Coeficiente de humedad	15.5	%

CBR AL 95% = 8.12 %

CBR AL 100% = 2.80 %

Nota: Este resultado es válido únicamente si se cumplen con las Normas de Control de Calidad.

Fecha de Emisión:

Geoserv S.R.L. - Caracas, Venezuela

Caracas, Venezuela - Teléfono: 0212 954 1111

www.geoserv.com.ve

Geoserv S.R.L. - Caracas, Venezuela

Caracas, Venezuela - Teléfono: 0212 954 1111

www.geoserv.com.ve

Fernando Rafael León

C.R. 40094

INGENIERO DE PROYECTO

Carlos A. Guevara de la Cruz

INGENIERO EN QUÍMICA

INGENIERO DE CONTROL DE CALIDAD

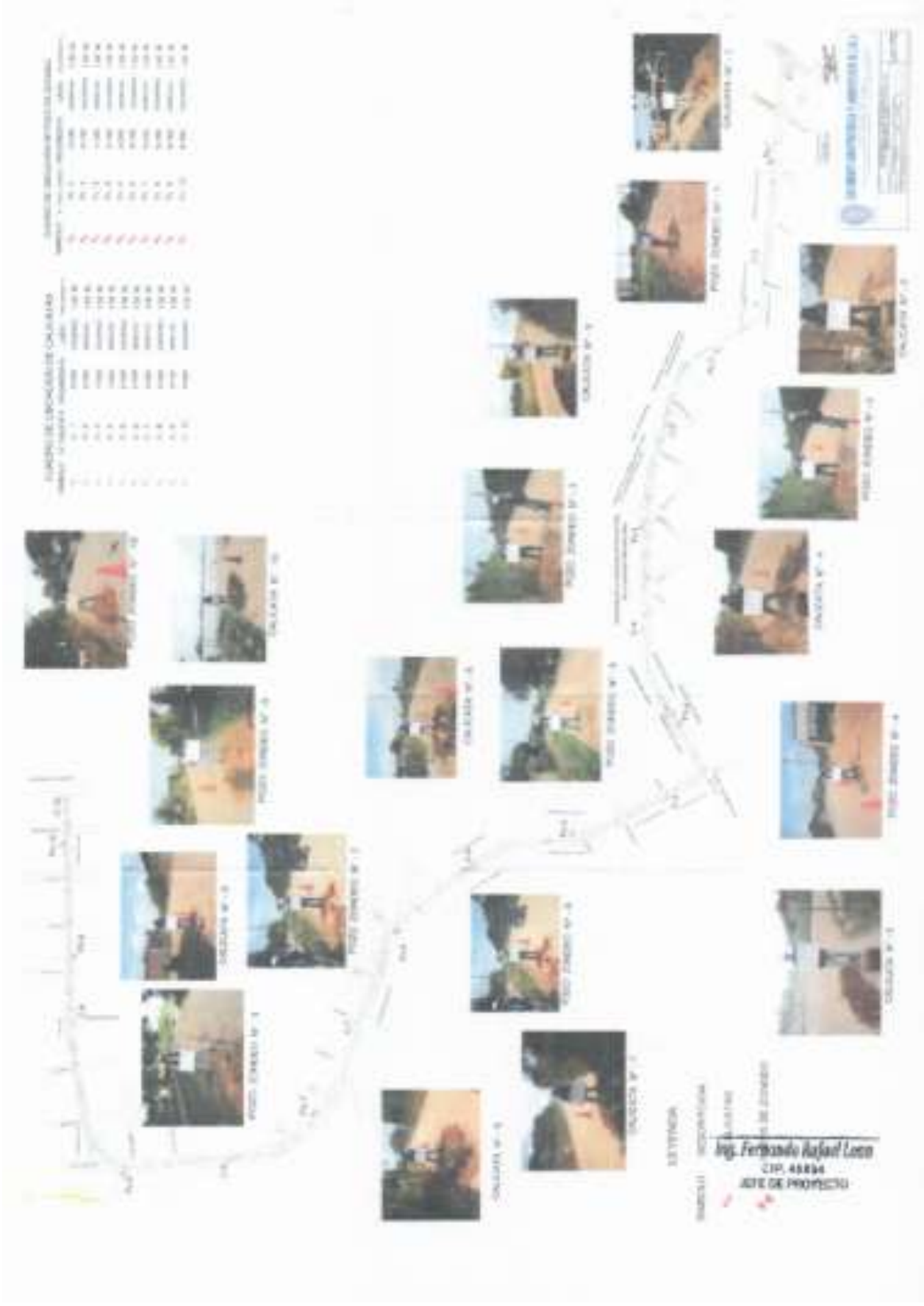
INGENIERO DE PROYECTO



GEOSEV - GEOTECNICA Y SERVICIOS E.I.R.L.

Av. Ejército del Sur 1729 Píscos
Tel: 052803 - Cel: 98737623 - 98737673 - 98744773 - 98744773 - 98744773
Correo Electrónico: geosev@geosev.com - geosev@geosev.com

ANEXO XII PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS



SUMARIO DE BANCOS DE CARGAS		SUMARIO DE BANCOS DE CARGAS	
SECCION	VALOR	SECCION	VALOR
1	1000	11	1000
2	1000	12	1000
3	1000	13	1000
4	1000	14	1000
5	1000	15	1000
6	1000		
7	1000		
8	1000		
9	1000		
10	1000		
11	1000		
12	1000		
13	1000		
14	1000		
15	1000		

8.3 Anexo 3: Diseño de pavimento rígido

MEMORIA DE CALCULO

1.00 CONSIDERACIONES GENERALES

La presente Memoria de Cálculo corresponde al análisis de la estructura de pavimento de la vía, diseño estructural de las canaletas de evacuación pluvial y de las alcantarillas que permiten el paso de aguas de las quebradas naturales, así como el sardinel de confinamiento del pavimento propuesto. Todo ello referidos al proyecto de pavimentación "**MEJORAMIENTO DE INTERCONEXION AL C. P. SAN JOSE DESDE PUERTO CALLAO, DISTRITO DE YARINACOA - CORONEL PORTILLO - UCAYALI**"

1.1 IDENTIFICACIÓN DE LA VÍA

El tramo en estudio corresponde a una vía de la Proyección del casco urbano de la ciudad de Pucallpa, con características y condiciones similares a otras vías en cuanto a geometría y calidad del terreno. Esta Vía se encuentra comprendida en el Distrito de Yarinacocha y está de acuerdo al Plan Vial de la Municipalidad Provincial de coronel Portillo, la vía en estudio está categorizada como VIA TRONCAL de suma importancia.

Por ello, El GOBIERNO REGIONAL DE UCAYALI en su afán de mejorar las condiciones de Transitabilidad elaboró el estudio de inversión a nivel de Factibilidad del Proyecto: "**MEJORAMIENTO DE INTERCONEXION AL C. P. SAN JOSE DESDE PUERTO CALLAO, DISTRITO DE YARINACOA - CORONEL PORTILLO - UCAYALI**", Por su ubicación y servicio presenta un mal aspecto dentro de la urbe del sector e incomodidad al tránsito fluido de vehículos y peatones, así mismo las viviendas que se ubican a ambos lados de la vía a intervenir. Sin embargo, por ser una vía principal, hace que dicha vía tenga condiciones particulares para proyectar su pavimentación teniendo en consideración la circulación de todo tipo de carga, considerando un periodo de diseño de 20 años.

1.2 ESTUDIO DE SUELOS

Se ha efectuado un concienzudo estudio de Mecánica de Suelos, el cual se muestra en volumen aparte, cuyos resultados y conclusiones son base para la presente memoria de cálculo.

2.0 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO

Contempla el Mejoramiento de 4,044. 16 ml de infraestructura vial sobre un área pavimentada de Expediente 60,244. 042 m² correspondientemente a la Autopista José Faustino Sánchez Carrión y Av. Yarinacocha, construido sobre la base de un pavimento rígido de concreto armado de $f'c=245\text{kg/cm}^2$, armado con mallas de acero corrugado, de espesor 0.20 m. Colocados sobre una base granular de 20cm de espesor, de clasificación A-2-4.

De acuerdo a lo señalado en el Estudio de Pre inversión (factibilidad) del proyecto, se pretende efectuar el diseño estructural del pavimento del tipo rígido.

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA SUB RASANTE

El perfil del suelo es heterogéneo y está formado por un depósito fluvio aluvial de origen cuaternario, compuesto por bolsones erráticos de suelo fino que se presentan sin orden ni arreglo. El perfil estratigráfico de la via de pavimento está

constituido por suelos gravas arcillosa arenosas superficialmente, arcillas limosas, arcillas arenosas y arcillas de baja a mediana plasticidad a mayor profundidad, considerados como suelos regular a malo. **Los valores de los suelos encontrados son de bajo soporte, el C.B.R. de la sub rasante más desfavorable es 2.12 %**, del material con respecto al 95% de la máxima densidad seca Teórica (MDST). Como se puede observar en el siguiente cuadro:

ESTRUCTURA	UBICACION	PROFUNDIDAD	TIPO DE SUELO	CBR (95% MDS)
CALICATA C-3	PROG. 1+000.00	0.30 – 1.50	CH	3.14 %
CALICATA C-5	PROG. 2+000.00	0.20 – 1.50	CL	6.71 %
CALICATA C-7	PROG. 3+000.00	0.20 – 1.50	CH	2.86 %
CALICATA C-9	PROG. 4+150.00	0.20 – 1.50	OH	2.12 %

Figura 25 cuadro de ensayos de C.B.R. ASTM D-1883 – Valores de soporte de sub rasante

Los controles de calidad en la conformación de los rellenos de la subrasante y en el mejoramiento del suelo de fundación del puente se realizarán en capas de 0.20 m. o de acuerdo a las indicaciones del Ing. supervisor. Los grados mínimos de compactación a alcanzar en los rellenos de subrasante serán de 95% y en la base granular del pavimento y relleno del suelo de cimentación al 100% de la MDST inherente al Proctor modificado. Así también se exigirá los ensayos de clasificación de los materiales de relleno (análisis granulométricos, límite líquido e índice de plasticidad). que se utilizaran en la obra.

Los suelos del área de estudio en cuanto a contenidos de elementos químicos se encuentran por debajo del rango permisible, recomendándose utilizar cemento Portland tipo 1 ASTM C-150 sin ningún tipo de aditivos.

PRESENCIA EN EL SUELO DE	P.P.M	GRADO DE ALTERACION	OBSERVACIONES
SULFATOS	297	Leve	Usar cemento tipo I
CLORUROS	310	Leve	Usar cemento tipo I
SALES SOLUBLES	372	Leve	Usar cemento tipo I
TOTALES			
PH	6.50	Leve	Usar cemento tipo I

Figura 54. Resumen de los ensayos

El diseño del Pavimento en su estructura esta conformado según el siguiente cuadro:

ESTRUCTURA	ESESOR
LOSA DE CONCRETO F'C= 210 KG/CM2	20.0 CM.
BASE GRANULAR (80% HORMIGON + 20% TIERRA ROJA)	20.0 CM.
SUB RASANTE (TERRENO NATURAL)	1.05 M.

Para evitar cualquier efecto de agua sobre la sub rasante y dado el grado de precipitación pluvial que existe en la región, es conveniente tomar precauciones necesarias, para evitar alteraciones en la misma, recomendándose proyectar un adecuado sistema de drenaje superficial, lo suficientemente capaz de absorber los posibles volúmenes de agua y evitar la construcción y/o hinchamiento del suelo de fundación o subrasante.

No se encontró el nivel freático en ninguna de las exploraciones de las calicatas realizadas a la profundidad investigada de 1.50 m. en lo que respecta a pavimento.

2.2 ESTUDIO DEL TRÁFICO

2.2.1 INTRODUCCION

El estudio de tráfico permite determinar el número de aplicaciones acumuladas de cargas equivalentes a un eje simple de 18,000 libras (80 KN), que se usará en la determinación de los espesores del pavimento. Esta forma numérica de representar el tráfico es de obtener el ESAL de diseño.

Este valor está en función al volumen de tránsito de cada tipo de vehículo en un período determinado y en una sección de pavimento fijo, además de la magnitud de la carga que trans mite cada tipo de vehículo y en cada tipo de eje.

Con esta finalidad durante el estudio de tráfico fue necesario realizar los siguientes trabajos:

- Conteo de vehículos en estaciones representativas durante 12 horas del día o durante las horas críticas, para establecer el volumen del tráfico.
- Determinación de los pesos por eje y por vehículo, de acuerdo al Reglamento Nacional de Vehículos para obtener el factor camión.

2.2.2 ESTIMACION DEL VOLUMEN DEL TRÁFICO

La estimación del volumen del tráfico que servirá para calcular el Índice Medio Diario Semanal (IMDS) y el Medio Diario Anual (IMDA), el cual se realiza en base a los objetivos del proyecto y los antecedentes existentes.

2. 2. 3 ANTECEDENTES

Los monitoreos realizados en la **INTERCONEXION AL C.P. SAN JOSE**, durante la elaboración del estudio definitivo, fueron básicos para evaluar el tráfico normal, tráfico generado y trafico desviado, datos que servirán como referente para el cálculo y diseño de nuestro pavimento.

Estos datos son importantes para planificar los conteos a realizar en el presente estudio, además de tener una idea sobre los porcentajes de los tipos de vehículos presentes en cada vía. Entonces la meta del estudio de tráfico será en cierto modo ratificar los datos, ampliarlos y profundizar en los aspectos necesarios para el diseño del pavimento a construir.

Respecto a la clasificación establecida sobre los tipos de vehículos por el MTC, es importante mencionar la Clasificación vehicular

- Categoría **L**: Vehículos automotores con menos de cuatro ruedas
- Categoría **M**: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.
- Categoría **N**: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñado s y construidos para el transporte de mercancía
- Categoría **O** : Remolques (incluidos semi remolques).

De estos los denominados con el nombre genérico de camiones, son los que tienen incidencia en el diseño de espesores, según lo recomendado por la AASHTO y la Portland Cement Association (PCA).

2.2.4 PLANIFICACION DE LAS ESTACIONES DE CONTEO

El objetivo del conteo en el presente estudio es completar o consolidar el estudio de tráfico anterior, teniendo en cuenta que esta parte del estudio de pavimentos consiste en cuantificar la cantidad de vehículos que serán considerados en el diseño.

2.2.5 TIPOS DE VEHICULOS A CONTAR SEGÚN CLASIFICACION

El "Reglamento de Peso y Dimensión Vehicular para la Circulación en la Red Vial Nacional" aprobado mediante el Decreto Supremo N.º 058-2003-MTC, establece la clasificación de los vehículos mayores llamados también camiones, de la manera que se indica en el Cuadro N.º 2.01 como se observa, allí no se incluyen los vehículos menores, que son los más numerosos en la zona de estudio. Los vehículos llamados camiones son los que aplican mayores cargas al pavimento, y la incidencia de los tipos menores son insignificantes.

Para fines del presente trabajo se tomarán en cuenta los tipos de vehículos considerados en el Reglamento Nacional de Vehículos, que transitan en la zona. Además, para hacer más realista el estudio, se cuantificarán los tipos menores. Estableciéndose los siguientes vehículos representativos:

Vehículos Mayores Categoría "M":

Automóvil, Camioneta, Ómnibus B-2, Ómnibus B-3.

Vehículos Pesados Categoría "N":

Camión C-2, Camión C-3, T2 S3, T3S1, T3S2, T3S3, C3R2, C3R3 y C3R4.

Vehículos Menores Categoría "L":

Moto lineal, Moto car.

Debido a la gran cantidad de motos, motocar; estos fueron estimados por muestreo; por la dificultad que representa su identificación individual.

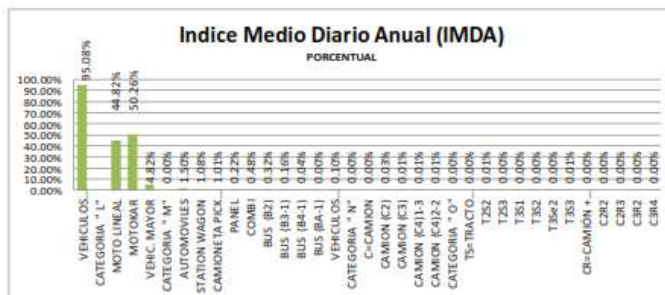
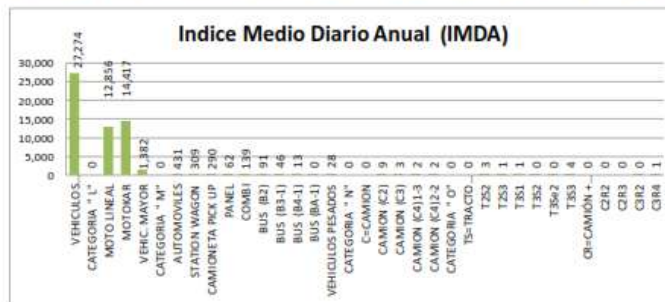
2.2.6. RESULTADOS DEL CONTEO VEHICULAR

El conteo de campo se realizó en cada hora desde las 7.00 am hasta las 7.00 pm, horas en que se produce el tráfico crítico. Además, se proyectó un porcentaje adicional para las horas nocturnas, con la finalidad de tener el registro total diario. Los incrementos considerados en dichas horas, fueron según las variaciones de tráfico por tipo de vehículo.

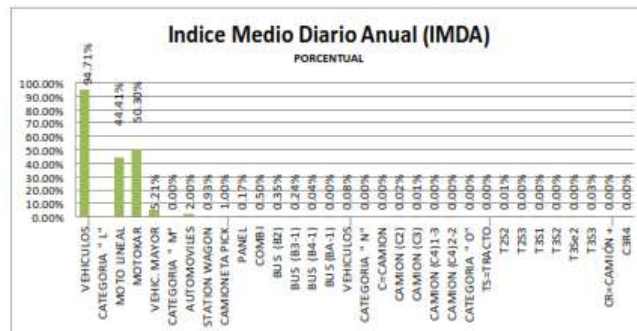
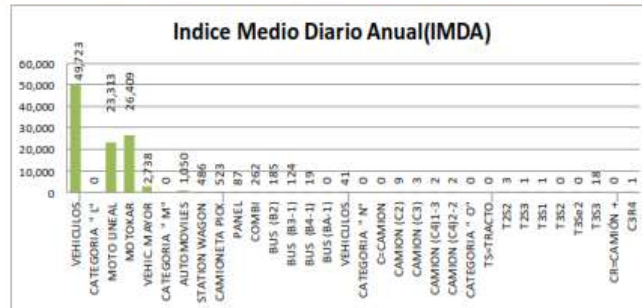
El Índice Medio Diario calculado corresponde al análisis de una semana en el año "0", por lo tanto, definiremos el IMD (Índice Medio Diario) como el IMDS (Índice Medio Diario Semanal).

Pero como la evaluación económica y el diseño estructural del pavimento son para un periodo de diseño cuantificado en años, mediante procedimientos estadísticos se calculó el IMDA (Índice Medio Diario Anual) propuesto por el ICG en el Manual Diseño de Vías Urbanas, el cual se muestra en los siguientes cuadros:

TIPO DE VEHICULO	CONTEO SEMANAL								TOTAL	IMDA	S	n	IMDA	DISTRIBUCION
	20/06/2013	21/06/2013	22/06/2013	23/06/2013	24/06/2013	25/06/2013	26/06/2013	26/06/2013						
VEHICULOS MENORES	12,000	26,890	26,035	24,840	23,545	25,970	25,170	165,210	23,001				27,274	95,08%
CATEGORIA " L"														
MOTO LINEAL	5,430	12,220	12,155	12,190	11,590	11,970	11,670	77,225	11,032	2,453	931		12,050	44,02%
MOTOKAR	7,230	14,670	13,880	12,750	11,955	14,000	13,500	67,965	12,569	2,015	943		14,417	50,26%
VEHIC. MAYOR	1,164	1,308	1,108	1,314	1,186	1,218	1,169	8,587	1,227				1,382	4,82%
CATEGORIA " M"														
AUTOMOVILES	466	445	395	390	333	378	300	2,782	397	46	17		431	1,50%
STATION WAGON	317	310	291	299	255	297	256	2,033	290	26	10		309	1,05%
CAMIONETA PICK UP	223	286	262	308	299	291	227	1,857	265	34	13		290	1,01%
PANEL	46	39	55	41	39	69	74	353	50	16	6		62	0,22%
COMBI	91	150	103	112	110	150	135	691	122	23	9		139	0,49%
BUS (B2)	16	66	36	103	69	71	92	479	66	31	12		91	0,32%
BUS (B3-1)	1	39	22	55	63	2	1	163	26	27	10		46	0,16%
BUS (B4-1)	0	20	2	15	8	0	3	46	7	6	3		13	0,04%
BUS (BA-1)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		0	0,00%
VEHICULOS PESADOS	23	19	15	7	4	10	19	97	14				28	0,10%
CATEGORIA " N"														
C-CAMION														
CAMION (C2)	14	12	4	1	1	2	2	36	5	5	2		9	0,03%
CAMION (C3)	7	1	0	0	0	1	1	10	1	3	1		3	0,01%
CAMION (C4) ₁₋₃	0	0	0	0	0	0	4	5	1	1	1		2	0,01%
CAMION (C4) ₁₋₂	0	0	0	0	0	0	5	5	1	2	1		2	0,01%
CATEGORIA " O"														
TS=TRACTO CAMION + SEMIREMOLQUE														
T2S2	0	4	5	0	0	0	0	9	1	2	1		3	0,01%
T2S3	0	0	0	0	2	2	0	4	1	1	0		1	0,00%
T3S1	0	0	0	0	0	2	1	3	0	1	0		1	0,00%
T3S2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0		0	0,00%
T3S2e2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0		0	0,00%
T3S3	2	2	6	4	1	1	4	20	3	2	1		4	0,01%
CR=CAMION + REMOLC														
C2R2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0,00%
C2R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0,00%
C3R2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0		0	0,00%
C3R4	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1		1	0,00%
TOTAL	13,847	28,277	27,218	26,281	24,735	27,198	26,338	173,894	24,842				28,063	100,00%



TIPO DE VEHICULO	CONTEO SEMANAL						TOTAL	MDS	S	n	IMDA	DISTRIBUCION	
	20/06/2013	21/06/2013	22/06/2013	23/06/2013	24/06/2013	25/06/2013							26/06/2013
VEHICULOS MENORES	34,400	30,285	47,235	47,165	46,910	47,400	47,800	321,155	45,879			49,723	94.71%
CATEGORIA " L"													
MOTO LINEAL	15,610	23,000	21,970	22,000	22,355	21,900	22,200	149,575	21,411	2,990	971	23,313	44.41%
MOTOKAR	18,820	27,205	25,265	24,455	24,455	25,500	25,520	171,280	24,409	2,641	980	26,409	50.30%
VEHIC. MAYOR	2,410	2,991	2,457	2,751	2,609	2,505	2,446	17,829	2,547			2,738	5.21%
CATEGORIA " M"													
AUTOMOVILES	1,073	1,006	1,042	1,043	924	1,019	1,000	7,107	1,015	47	16	1,050	2.00%
STATION WAGON	493	495	463	405	461	446	419	3,262	406	20	10	466	0.93%
CAMIONETA PICK UP	420	476	490	544	549	499	426	3,402	400	51	19	523	1.00%
PANEL	61	66	76	72	65	96	95	523	75	10	6	67	0.17%
COMBI	201	253	197	258	248	281	244	1,600	240	31	11	262	0.50%
BUS (B2)	99	170	93	197	192	140	179	1,078	154	43	16	185	0.35%
BUS (B3-1)	56	112	81	127	157	76	72	681	97	36	13	124	0.24%
BUS (B4-1)	7	23	7	25	15	8	10	95	14	6	3	19	0.04%
BUS (BA-1)	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0.00%
VEHICULOS PESADOS	32	29	20	19	20	29	31	186	27			41	0.08%
CATEGORIA " N"													
C-CAMION													
CAMION (C2)	14	12	0	1	1	2	2	37	5	0	2	9	0.02%
CAMION (C3)	7	1	0	0	0	1	1	10	1	3	1	3	0.01%
CAMION (C4) _{1,3}	0	0	0	0	0	1	4	5	1	1	1	2	0.00%
CAMION (C4) _{b,2}	0	0	0	0	0	0	5	5	1	2	1	2	0.00%
CATEGORIA " O"													
TS=TRACTO CAMION +													
T2S2	0	4	5	0	0	2	0	11	2	2	1	3	0.01%
T2S3	0	0	0	0	2	0	0	2	0	1	0	1	0.00%
T3S1	0	0	0	0	0	2	1	3	0	1	0	1	0.00%
T3S2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0.00%
T3Se2	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0.00%
T3S3	11	12	16	16	17	20	17	109	16	3	1	16	0.03%
CR=CAMION + REMOLC													
C3R4	0	0	0	2	0	0	0	2	0	1	0	1	0.00%
TOTAL	36,902	32,905	49,718	49,935	49,439	49,904	50,277	339,170	48,433			52,901	100.00%



En el siguiente cuadro se tiene un resumen del Índice Medio diario Anual (IMDA) de las 02 estaciones en el año "0" pero en la situación sin proyecto

TIPO DE VEHICULO

ESTACIÓN 01

ESTACIÓN 02

VEHICULOS MENORES	27,274	95.08%	49,723	94.71%
CATEGORIA " L"				
MOTOKAR / MOTO LINEAL	27,274	95.08%	49,723	94.71%
VEHIC. MAYOR	1,382	4.82%	2,738	5.21%
CATEGORIA " M"				
AUTOMOVILES	431	1.50%	1,050	2.00%
STATION WAGON	309	1.08%	486	0.93%
CAMIONETA PICK UP	290	1.01%	523	1.00%
PANEL	62	0.22%	87	0.17%
COMBI	139	0.48%	262	0.50%
BUS (B2)	91	0.32%	185	0.35%
BUS (B3-1)	46	0.16%	124	0.24%
BUS (B4-1)	13	0.04%	19	0.04%
BUS (BA-1)	0	0.00%	0	0.00%
VEHICULOS PESADOS	28	0.10%	41	0.08%
CATEGORIA " N"				
C=CAMION				
CAMION (C2)	9	0.03%	9	0.03%
CAMION (C3)	3	0.01%	3	0.01%
CAMION (C4) ₁₋₃	2	0.01%	2	0.01%
CAMION (C4) ₂₋₂	2	0.01%	2	0.01%
CATEGORIA " O"				
TS=TRACTO CAMIÓN +				
T2S2	3	0.01%	3	0.01%
T2Se2				
T2S3	1	0.00%	1	0.00%
T2Se3				
T3S1	1	0.00%	1	0.00%
T3S2	0	0.00%	0	0.00%
T3Se2	0	0.00%	0	0.00%
T3S3	4	0.01%	18	0.06%
T3Se3				
CR=CAMIÓN + REMOLC				
C2R2				
C2R3				
C3R2	0	0.00%		
C3R3				
C3R4	1	0.00%	1	0.00%
IMDA POR CADA ESTACION	28683 Veh/día		52501 Veh/día	

De acuerdo a un análisis más real, es necesario considerar el Trafico inicial en la situación con Proyecto, considerando un escenario de mayor tráfico, debido al tráfico desviado, el cual se muestra a continuación:

TIPO DE VEHICULO ESTACIÓN 01 ESTACIÓN 02

VEHICULOS MENORES	30,001	95.09%	54,695	94.71%
CATEGORIA " L"				
MOTOKAR / MOTO LINEAL	30.001		54.695	
VEHIC. MAYOR	1,520	4.82%	3,011	5.21%
CATEGORIA " M"				
AUTOMOVILES	474	1.50%	1,155	2.00%
STATION WAGON	340	1.08%	535	0.93%
CAMIONETA PICK UP	319	1.01%	576	1.00%
PANEL	69	0.22%	95	0.17%
COMBI	153	0.48%	289	0.50%
BUS (B2)	100	0.32%	204	0.35%
BUS (B3-1)	50	0.16%	136	0.24%
BUS (B4-1)	14	0.04%	21	0.04%
BUS (BA-1)	0	0.00%	0	0.00%
VEHICULOS PESADOS	31	0.10%	45	0.08%
CATEGORIA " N"				
C=CAMION				
CAMION (C2)	10	0.03%	10	0.03%
CAMION (C3)	4	0.01%	4	0.01%
CAMION (C4) ₁₋₃	2	0.01%	2	0.01%
CAMION (C4) ₂₋₂	2	0.01%	2	0.01%
CATEGORIA " O"				
TS=TRACTO CAMIÓN +				
T2S2	3	0.01%	3	0.01%
T2Se2				
T2S3	1	0.00%	1	0.00%
T2Se3				
T3S1	1	0.00%	1	0.00%
T3S2	0	0.00%	0	0.00%
T3Se2	0	0.00%	0	0.00%
T3S3	5	0.01%	20	0.06%
T3Se3				
CR=CAMIÓN + REMOLC				
C2R3				
C3R2	0	0.00%		
C3R3				
C3R4	1	0.00%	1	0.00%
IMDA POR CADA ESTACION	31552 Veh/día		57751 Veh/día	

De esta manera se encuentran las siguientes conclusiones:

- El IMDA en el punto de control N.º 01, de donde el 95.09% (30001Veh/día) son vehículos menores de categoría "L" entre motos lineales y motocarros; el 4.82% (1,520Veh/día) son vehículos mayores de categoría "M" que comprende automóviles hasta combis y el 0.10% (31Veh/día) son vehículos pesados de categoría "N" referido a camiones de 2 y 3 ejes, de categoría "O" referido a tracto camiones y camión remolque de 2 y 3 ejes. Solo se ha considerado un tráfico desviado de 10%
- El IMDA en el punto de control N.º 02, de donde el 94.71% (54695Veh/día) son vehículos menores de categoría "L" entre motos lineales y motocarros; el 5.21% (3011veh/día) son vehículos mayores de categoría "M" que comprende automóviles hasta combis y el 0.08% (45Veh/día) son vehículos pesados de

categoría " N" referido a camiones de 2 y tres ejes, de categoría "O" referido a tracto camiones y camión remolque de 2 y 3 ejes. se ha considerado un tráfico desviado de 10%.

- La presencia de vehículos pesados de categoría "N" es intensidad media a baja, el cual representa el Tráfico promedio Diario de camiones llamado ADTT que tiene mayor incidencia en el daño estructural del pavimento. En el cuadro siguiente se muestra el ADTT para cada tramo en la situación con proyecto:

CONTROLES	ADTT
PUNTO DE CONTROL 01	31
PUNTO DE CONTROL 02	45

Valores

necesarios para el cálculo del **EALF** y el **FACTOR CAMIÓN** de cada vehículo.

2.3 ESTIMACION DEL FACTOR CAMION

2.3.1 INTRODUCCIÓN

El factor de carga de eje equivalente (EALF) define el daño por paso sobre un pavimento de un eje en cuestión, en relación al daño por paso de una carga de eje estándar usualmente de 18,000 libras (18 kips) de eje simple y depende del tipo de pavimento, del grosor o la capacidad estructural y de las condiciones terminales con las cuales el pavimento es considerado fallado. La suma de los EALF de los ejes del vehículo representa el factor camión (Tf) o *factor truck*.

$$\text{FACTOR CAMIÓN} = \sum \text{EALFi (cada eje)}$$

La mayoría de los EALF están basados en la experiencia. Uno de los métodos más difundidos es el que emplea las ecuaciones empíricas desarrolladas desde las pruebas de caminos AASHTO (AASHTO – 1972). Para ello se requiere obtener los pesos que transmiten los diferentes ejes de carga, mediante estación es de pesaje, que en sí son costosas y onerosas; que a nivel del presente estudio es imposible implementar, pudiéndose usar las informaciones existentes.

El AASHTO y otras instituciones publican tablas referentes a los factores EALF. Pero también el MTC posee estaciones de pesaje a nivel nacional, que reportan datos sobre los pesos reales, que pueden ser utilizados para calcular los EALF reales.

En la zona de estudio no se cuenta con ninguna estación de pesaje, siendo los más cercanos los existentes en la carretera central, próximos a la ciudad de Huánuco. Estos son las estaciones de Chullqui y Yanag.

Para el presente estudio se han utilizado los datos indicados en el Reglamento Nacional de Vehículos, aprobados mediante el Decreto Supremo N.º 058-2003-MTC.

2.3.2 DETERMINACIÓN DEL EALF Y DEL FACTOR CAMION

Para calcular el EALF se usan las ecuaciones AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles. Referente a los vehículos mayores se toman los datos de pesaje de la estación de Yanag, porque tiene un pavimento de este tipo. Mientras que para los vehículos menores se han realizado encuestas de pesos en la ciudad de Pucallpa.

Las ecuaciones AASHTO tienen la forma siguiente:

$$\text{Log}\left(\frac{W_{tx}}{W_{t18}}\right) = 4.79\text{Log}(18+1) - 4.79\text{Log}(L_x + L_2) + 4.33\text{Log}L_2 + \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}}$$

$$G_t = \text{Log}\left(\frac{4.2 - p_t}{4.2 - 1.5}\right)$$

$$EALF = \frac{W_{t18}}{W_{tx}}$$

$$\beta_x = 0.40 + \frac{0.08(L_x + L_2)^{3.23}}{(SN+1)^{5.19} L_2^{3.23}}$$

$$\beta_{18} = 0.4 + \frac{0.08(18+1)^{3.23}}{(SN+1)^{5.19}}$$

Donde:

G_t = Logaritmo de la razón de pérdida de la serviciabilidad en el tiempo t a la pérdida total cuando p_t es igual a 1.5. Notando que 4.2 es serviciabilidad inicial para los pavimentos de concreto asfáltico.

β_x = Función de variables de carga, el valor de β_{18} se emplea para $L_x = 18$ y $L_2 = 1$

W_{tx} = Número de aplicaciones de ejes de carga x al final de un tiempo t.

p_t = Serviciabilidad al final de un tiempo t.

W_{t18} = Número de aplicaciones de ejes de carga de eje simple de 18 Kips al final de un tiempo t.

L_x = Carga en kips sobre un eje simple, o sobre un conjunto de ejes tándem, o sobre un conjunto de ejes trídem.

L_2 = Código del eje, 1 para un eje simple, 2 para el eje tándem y 3 para eje trídem.

SN = Número estructural de pavimento que se designa por:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3$$

a_1, a_2, a_3 = Son los coeficientes de la capa para la superficie, la base, la subbase, respectivamente.

D_1, D_2, D_3 = Son los espesores de la superficie, la base, y la subbase, respectivamente.

Luego el EALF resulta de:

$$EALF = \left(\frac{W_{t18}}{W_{tx}}\right)$$

El Peso y factor camión de los vehículos menores, es decir de los vehículos como, camionetas, autos, motocar y motos; se han calculado con los datos obtenidos en censos de la ciudad de Pucallpa, entre el 04 al 10 de diciembre del 2005, que se realizó contando el número de pasajeros y tomando como dato el peso bruto de cada vehículo. **(Aporte del estudio de Pavimentación de la Av. Tupac Amaru)**. En estos cálculos se han considerado un índice de serviciabilidad Terminal (p_t) de 2.5, y un número estructural (SN) de 5, que son representativos para vías en uso y en buenas condiciones de servicio.

2.4 ESTIMACION DEL ESAL DE DISEÑO

El ESAL de diseño, se calcula multiplicando el número de vehículos de cada clase de peso por su Factor Camión apropiado, multiplicando además por los demás factores que se indican en la siguiente ecuación: y sumando los productos:

$$ESAL = \sum_{i=1}^{i=m} FACTORCAMIÓN_i \times IMD_i(G)(D)(L)(Y) \times 365$$

Donde:

G = Factor de crecimiento.

D = Factor de distribución direccional que normalmente se asume que es 0.5, cuando el tráfico es en dos sentidos.

L = Factor de distribución de vía que varía con el volumen de tráfico y el número de vías.

Y = Período del diseño en años.

A continuación, describimos nuestras variables.

FACTOR DE CRECIMIENTO DEL TRÁFICO (G)

El pavimento debe ser diseñado para servir adecuadamente la demanda del tráfico durante un periodo de años. El crecimiento de tráfico (positivo o negativo) debe ser anticipado cuando se determinen los requerimientos estructurales del pavimento.

El factor de crecimiento (G) está en función de la tasa de crecimiento anual del tráfico (r). E cual se determina por la tasa de crecimiento del PBI de la región que correspondería a los camiones y la tasa de crecimiento de los vehículos menores está en función de la tasa de crecimiento de la población.

En la siguiente tabla se muestran estas relaciones para periodos de diseño de 20 años

PBI DE UCAYALI
(Variación Porcentual)
Año 2002

AÑOS	PBI UCAYALI	AGROPEC	COMERCIO	CONSTRUC.	MANUFACT.	MINERIA	OTROS	PESCA	SERV.GUBERN.
2002	4.0%	3.7%	3.6%	6.5%	5.4%	3.1%	1.7%	3.6%	0.6%
2003	4.9%	4.7%	5.2%	7.6%	6.6%	2.3%	4.0%	4.5%	0.6%
2004	5.0%	4.8%	5.0%	9.2%	6.9%	3.2%	3.4%	3.7%	0.3%
2005	3.2%	2.5%	3.0%	4.3%	3.5%	1.2%	4.2%	4.4%	1.3%
2006	3.3%	2.7%	3.0%	4.3%	3.5%	1.4%	4.5%	4.2%	1.4%
2007	3.4%	2.9%	3.1%	4.4%	3.5%	1.7%	4.6%	4.0%	1.5%
2008	3.4%	3.0%	3.1%	4.4%	3.6%	2.1%	4.4%	4.0%	1.6%
2009	3.5%	3.2%	3.2%	4.4%	3.6%	2.0%	4.1%	3.9%	1.7%
2010	3.5%	3.3%	3.2%	4.4%	3.7%	2.3%	3.8%	3.8%	1.8%
2011	3.5%	3.3%	3.6%	4.2%	3.6%	3.9%	3.6%	3.7%	1.9%
2012	3.6%	3.6%	2.9%	4.7%	3.6%	1.5%	3.4%	4.2%	1.7%
2013	3.6%	3.6%	3.3%	4.5%	3.6%	3.0%	3.3%	4.0%	1.9%
2014	3.6%	3.6%	3.3%	4.5%	3.6%	3.5%	3.2%	4.0%	1.8%
2015	3.7%	3.7%	3.4%	4.5%	3.6%	3.7%	3.2%	4.0%	1.9%
2016	3.7%	3.7%	3.4%	4.5%	3.6%	3.6%	3.2%	4.1%	1.8%
2017	3.8%	3.8%	3.4%	4.5%	3.8%	3.6%	3.3%	4.1%	1.8%
2018	3.8%	3.9%	3.4%	4.5%	3.8%	3.6%	3.3%	4.2%	2.0%
2019	3.8%	3.9%	3.5%	4.5%	3.8%	3.7%	3.4%	4.2%	2.0%
2020	3.9%	3.9%	3.5%	4.5%	3.8%	3.6%	3.5%	4.3%	2.0%

Usando el valor de r=3.9% para el cálculo respectivo

Se puede usar el factor de crecimiento total, mediante producto (G x Y),

FACTOR TOTAL

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

Factor de Crecimiento (Obtenido del libro "Pavement Analysis and Design" de Yang H. Huang).

FACTOR DE DISTRIBUCIÓN DE DIRECCIÓN (D)

Existiendo tránsito en dos sentidos, se toma igual a 0.5 para distribuir en tráfico en dos partes.

FACTOR DE DISTRIBUCIÓN POR CARRIL (L)

Cuando existen dos carriles en una dirección, este factor debe estar entre 0,8 a 1, en nuestro caso existe un solo carril, por lo tanto, se toma como 1

PERIODO DE ANÁLISIS O PERIODO DE DISEÑO (Y)

Un pavimento debe ser diseñado para soportar el efecto acumulativo del tráfico durante cualquier periodo de tiempo. El periodo seleccionado, en años, para el cual se diseña el pavimento se denomina Periodo de Diseño o Período de Análisis. En este caso definiremos el período de diseño en base a la Guía AASHTO que se reproduce en el Cuadro N.º 2. 4b. Como la vía a construir está en una zona urbana y va a soportar un volumen bajo del tráfico, tomamos 20 años como Período de Diseño.

Clasificación de la Via	Periodo de Análisis (años)
Volumen Alto – Urbano	30-50
Volumen Alto – Rural	20-50
Volumen Bajo – Pavimento	15-25
Volumen Bajo – De Agregado en la Superficie	10-20

Cuadro N.º 2. 4b. Cuadro para el Periodo de Análisis en años
Fuente: del libro "Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimentos (Pág. 07)

OBTENCION DEL ESAL FINAL

FACTOR TRAFICO EN PAVIMENTO RIGIDO

PI=	2.5	Indice de serviciabilidad (bondad de servicio)	L2=1	Eje Simple								
D=	5	Espesor de la losa en Pulgadas	L2=2	Eje Tandem								
Lx=		Carga en Kips sobre un eje Simple, Tandem y tridem	L2=3	Eje Tridem								
L2=	1, 2, 3	Codigo de eje										
EALF = FACTOR DE EJE DE CARGA EQUIVALENTE:												
Es el número de cargas equivalentes que definen el daño por paso, sobre una superficie de rodadura debido al eje en cuestión, en relación al paso de un eje de carga estándar, que usualmente es de 10 Kips=10000lb. Calculado mediante las siguientes expresiones:												
$\log\left(\frac{W_{18}}{W_{80}}\right) = 4.62 \log(18+1) - 4.62 \log(Lx+L2) + 3.28 \log(L2) + \frac{G_1}{B_1} - \frac{G_2}{B_2}$ $B_{18} = 1 + \frac{3.63(18+1)^{0.2}}{(D+1)^{1.48}}$ $B_8 = 1 + \frac{3.63(Lx+L2)^{0.2}}{(D+1)^{1.48}}$ $G_1 = \log\left(\frac{4.2 - P_1}{4.2 - 1.5}\right)$ $EALF = \frac{W_{18}}{W_{80}}$												
B ₁₈ = 1.056 Para Lx=18 y L2=1 G ₁ = 0.201												
MEDIO DE TRANSPORTE	IMDA	PESO TOTAL (Tn)	PESO POR EJES (Tn)			PESO TOTAL (Kips)	La POR EJES (Kips)	L2	IL	EALF (POR EJE)	FACTOR CAMION (FC=EALF)	PC*IMDA
			EJE	%	La							
VEHICULOS MENORES												
CATEGORIA "L"												
MOTOCAR/MOTO LINEAL	34695	0.30	Det.	30.0%	0.09	0.661	0.196	1	1.000	0.0000029	0.000010	0.5612564
			Post. 01	70.0%	0.21		0.463	1	1.000	0.0000073		
VEHIC. MAYOR												
CATEGORIA "M"												
AUTOMOVILES	1153	3.00	Det.	50.0%	1.50	6.608	3.304	1	1.000	0.0010748	0.002150	2.4829434
			Post. 01	50.0%	1.50		3.304	1	1.000	0.0010748		
STATION WAGON	335	3.50	Det.	50.0%	1.75	7.709	3.855	1	1.000	0.0018744	0.003749	2.0053272
			Post. 01	50.0%	1.75		3.855	1	1.000	0.0018744		
CAMIONETA PICK UP	376	5.00	Det.	50.0%	2.50	11.013	5.507	1	1.000	0.0072527	0.014505	8.3511602
			Post. 01	50.0%	2.50		5.507	1	1.000	0.0072527		
PANEL	95	5.00	Det.	50.0%	2.50	11.013	5.507	1	1.000	0.0072527	0.014505	1.3832628
			Post. 01	50.0%	2.50		5.507	1	1.000	0.0072527		
COMBI	289	7.00	Det.	50.0%	3.50	15.419	7.709	1	1.001	0.0278542	0.055765	16.0992387
			Post. 01	50.0%	3.50		7.709	1	1.001	0.0278542		
BUS (B2)	304	18.00	Det.	38.9%	7.00	38.648	15.419	1	1.026	0.5158669	3.963675	612.3544225
			Post. 01	61.1%	11.00		24.229	1	1.245	3.4677077		
BUS (B3-1)	136	23.00	Det.	30.4%	7.00	50.061	15.419	1	1.026	0.5158669	2.732186	371.6226288
			Post. 01	69.6%	16.00		35.242	2	1.162	2.2163193		
BUS (B4-1)	71	30.00	Det.	48.7%	14.00	66.079	30.837	2	1.084	1.2748456	3.481185	73.7184276
			Post. 01	51.3%	16.00		35.242	2	1.162	2.2163193		
BUS (B4-1)	0	25.00	Det.	28.0%	7.00	55.066	15.419	1	1.026	0.5158669	4.489441	2.0854139
			Post. 01	44.0%	11.00		24.229	1	1.245	3.4677077		
			Post. 02	28.0%	7.00		15.419	1	1.026	0.5158669		
VEHICULOS PESADOS												
CATEGORIA "N"												
C-CAMION												
CAMION (C2)	30	18.00	Det.	38.9%	7.00	38.648	15.419	1	1.026	0.5158669	3.963675	40.7665400
			Post. 01	61.1%	11.00		24.229	1	1.245	3.4677077		
CAMION (C3)	4	25.00	Det.	28.0%	7.00	55.066	15.419	1	1.026	0.5158669	4.087125	14.7036615
			Post. 01	72.0%	18.00		39.648	2	1.290	3.5712579		
CAMION (C4)1,2	2	30.00	Det.	23.3%	7.00	66.079	15.419	1	1.026	0.5158669	3.588177	7.1574241
			Post. 01	76.7%	23.00		50.661	3	1.260	3.0723106		
CAMION (C4)2,2	2	32.00	Det.	43.8%	14.00	70.485	30.837	2	1.084	1.2748456	4.846104	11.2088887
			Post. 01	56.3%	18.00		39.648	2	1.290	3.5712579		
CATEGORIA "O"												
T3=TRACTOR CAMION + SEMIRREMOLQUE												
T32	3	36.00	Det.	18.4%	7.00	79.295	15.419	1	1.026	0.5158669	7.054632	26.1808133
			Post. 01	30.6%	11.00		24.229	1	1.245	3.4677077		
			Post. 02	50.0%	18.00		39.648	2	1.290	3.5712579		
T323	1	43.00	Det.	16.3%	7.00	94.714	15.419	1	1.026	0.5158669	6.259541	7.6382995
			Post. 01	25.6%	11.00		24.229	1	1.245	3.4677077		
			Post. 02	58.1%	25.00		55.066	3	1.382	4.2723669		
T331	1	36.00	Det.	18.4%	7.00	79.295	15.419	1	0.404	1.0066264	12.872056	14.2529122
			Post. 01	50.0%	10.00		39.648	2	0.409	4.2828136		
			Post. 02	30.6%	11.00		24.229	1	0.417	7.6026196		
T332	0	43.00	Det.	16.3%	7.00	94.714	15.419	1	1.026	0.5158669	7.656363	3.5427207
			Post. 01	41.9%	16.00		39.648	2	1.290	3.5712579		
			Post. 02	41.9%	18.00		39.648	2	1.290	3.5712579		
T3322	0	47.00	Det.	14.9%	7.00	103.524	15.419	1	1.026	0.5158669	11.022540	5.0588593
			Post. 01	38.3%	16.00		39.648	2	1.290	3.5712579		
			Post. 02	23.4%	11.00		24.229	1	1.245	3.4677077		
			Post. 03	23.4%	11.00		24.229	1	1.245	3.4677077		
T333	20	50.00	Det.	14.0%	7.00	110.132	15.419	1	1.026	0.5158669	6.359482	164.1386705
			Post. 01	36.0%	16.00		39.648	2	1.290	3.5712579		
			Post. 02	50.0%	25.00		55.066	3	1.382	4.2723669		
CP=CAMION + REMOLQUE												
CP4	1	61.00	Det.	11.9%	7.00	134.361	15.419	1	1.026	0.5158669	11.229641	8.4450229
			Post. 01	29.9%	16.00		39.648	2	1.290	3.5712579		
			Post. 02	29.9%	16.00		39.648	2	1.290	3.5712579		
			Post. 03	29.9%	16.00		39.648	2	1.290	3.5712579		
INDICE MEDIO DIARIO ANUAL												
	57791											1980
r=	3.90%	Tasa de crecimiento	$(G)(Y) = \frac{(1+r)^Y - 1}{r}$									
Y=	20	Periodo de diseño										
G=		Factor de crecimiento	$(G)(Y) = 29.4709962$ FACTOR DEL TRAFICO VEHICULAR ACUMULADO									
D=	0.5	Factor de Distribución en Dirección										
L=	1	Factor de Distribución por Carril										
$ESAL = \sum_{i=1}^{i=m} FACTORCAMION_i \times IMD_i(G)(D)(L)(Y) \times 365$												8.577.697.61

El ESAL elegido para el diseño es de 8'577,697.61, para efectos diseño se considerará 8.70E+06 para todos los tramos, porque de acuerdo al estudio de tráfico es el más representativo, dado que se pre sentaron condiciones reales

durante el conteo de tráfico. Las intersecciones principales tendrán su propio diseño de pavimento.

03.0 DISEÑO DEL PAVIMENTO

Para el diseño del pavimento se empleará el método de la AASHTO, para lo cual se hará un cálculo manual, usando Nomogramas.

3.1 METODO DE DISEÑO AASHTO

En el presente estudio, se utiliza como primer Método el Diseño propuesto por la AASHTO para diseñar el espesor del pavimento, en concordancia con los Términos de Referencia, dado a que sigue una metodología racional que se adecua a nuestros propósitos.

La Guía del diseño para el pavimento de concreto hidráulico se desarrolló al mismo tiempo que para los pavimentos de concreto asfáltico y se publicó en el mismo manual. El plan es basado en las ecuaciones empíricas obtenidas de la "AASHTO Camino de Prueba con Modificaciones Varias", basadas en la teoría y experiencia. Las ecuaciones básicas desarrolladas por la "AASHTO Camino de Prueba para los Pavimentos Rígidos" están en el mismo formulario como aquellos para los pavimentos flexibles, pero con valores diferentes para las constantes de la regresión. Las ecuaciones fueron modificadas posteriormente para incluir muchas variables no consideradas en la AASHTO Camino de Prueba.

Las ecuaciones de la regresión son:

$$\log W_{18} = Z_R \times S_n + 7.35 \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log \left[\frac{(\Delta PSI)}{(4.5-1.5)} \right]}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{4.25}}} + (4.22 - 0.32 p_i) \log \left(\frac{S'c \times Cd(D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times JD - \frac{18.42}{(Ec/k)^{0.25}}} \right)$$

Donde:

- W18 = Número previsto de aplicaciones de carga por eje simple equivalente a 18 kip (ESAL).
- ZR = Desviación estándar normal (Que depende de la confiabilidad R).
- So = Desviación estándar total
- D = Espesor (en pulgadas) de la losa de pavimento.
- ΔPSI = Diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial de diseño (po) y el índice de serviciabilidad terminal de diseño (pt).
- S'c = Módulo de rotura (psi) del concreto de cemento portland usado en un proyecto específico.
- J = Coeficiente de transferencia de carga usado para adaptarse a las Características de transferencia de carga de un proyecto específico.
- Cd = Coeficiente de Drenaje.
- Ec = Módulo de elasticidad (psi) del concreto de cemento Portland.
- k = Módulo de reacción de la subrasante (pci).

A continuación, se determinan cada uno de los parámetros señalados para proceder luego a la obtención del espesor del pavimento.

3.1.1 PARAMETROS DE DISEÑO

1. NUMERO PREVISTO DE APLICACIONES DE CARGA W18 (ESAL)

Está determinado por el número de repeticiones de pasadas de un eje estándar de 18000 lb sobre la sección del pavimento a diseñar. Resulta de la conversión en el futuro de todos los ejes de carga en su equivalente del eje estándar.

Este valor fue obtenido en el capítulo anterior; para los efectos de diseño se tomará $8.70E+06$ repeticiones de carga.

2. DESVIACION ESTANDAR NORMAL Z_R

La desviación estándar normal es un parámetro que depende de la confiabilidad R, que a su vez depende de varias consideraciones.

Una definición resumida de R se encuentra en la Guía AASHTO, que dice "*La confiabilidad de un proceso de diseño-comportamiento de un pavimento, es la probabilidad de que una sección del pavimento, diseñada usando el proceso, se comportará satisfactoriamente bajo las condiciones de tráfico y medio ambiente, durante el período de diseño*"

Es decir que para definir la confiabilidad es preciso tener presente varios factores como son el mantenimiento, las condiciones ambientales, el tráfico y el período de diseño. Una vez establecida R se puede tomar un valor de Z_R del Cuadro N.º 6. 01

*Cuadro N.º 6. 01 desviación Estándar Normal correspondiente a diferentes niveles de confiabilidad
(Fuente AASHTO)*

Confiabilidad R (%)	Desviación Estándar Normal Z _R	Confiabilidad R (%)	Desviación Estándar Normal Z _R
50	-0.00	93	-1.476
60	-0.253	94	-1.555
70	-0.524	95	-1.645
75	-0.674	96	-1.751
80	-0.841	97	-1.881
85	-1.037	98	-2.054
90	-1.282	99	-2.327
91	-1.34	99.9	-3.090
92	-1.405	99.99	-3.750

En nuestro caso, considerando que podrían fallar el mantenimiento y el tráfico podría ser excedido, como también las condiciones ambientales sufran procesos extraordinarios, se tomará un R de 80%, correspondiéndole un Z_R de - 0.841

3. DESVIACION STANDAR TOTAL S₀

Depende de la precisión o extensión de la evaluación del factor tráfico para el futuro y de otras variantes asociadas con los modelos de comportamiento de pavimentos.

El rango de valores S₀ estimado con la Carretera Experimental AASHTO y los modelos de comportamiento del pavimento original presentados en las Guías de Diseño previas en 1972 y 1981 para pavimentos rígidos es: 0.30 a 0.40.

El extremo más bajo corresponde a una evaluación de datos realizado con un programa poco extenso, mientras que el extremo más alto define a una valoración del tráfico con mayor tiempo y precisión.

En el estudio se ha realizado con un tiempo relativa mente corto, por consiguiente, se tomará el límite inferior para S₀, es decir igual a 0.30

4. PERDIDA DE SERVICIABILIDAD Δ PSI

Representa la pérdida de capacidad de servicio debido a las fallas de la estructura del pavimento y desgaste de la capa de rodadura. Numéricamente resulta de restar al índice de serviciabilidad inicial (po) el índice de serviciabilidad Terminal o presente (pt).

El AASHTO considera para pavimentos de concreto hidráulico un índice inicial de 4.5 y un índice

Terminal de 2.5 Por lo tanto la pérdida de serviciabilidad será 2.0, lo que quiere decir que la máxima posibilidad de deterioro de la capacidad de servir con eficiencia del pavimento será en esa magnitud, luego del cual se decidirá por una nueva obra.

5. MODULO DE ROTURA DEL CONCRETO S'c

El módulo de rotura del concreto (S'c) es representado por la resistencia del concreto a la flexión, que para efectos de diseño el procedimiento es mediante el criterio de fatiga, que controla el agrietamiento por la repetición de las cargas en el período de diseño.

El pavimento se diseña a flexión más NO a compresión, porque a estas condiciones (FLEXO COMPRESIÓN) son las más críticas, por efecto de la temperatura, por el efecto de las subrasantes de suelos expansivos y por el efecto de las cargas en el pavimento apoyado en suelos flexibles, en ese sentido las pruebas que se deben realizar, son las pruebas de resistencia a la Flexión del concreto conocido como módulos de rotura (Sc), el cual está regulado por la Norma ASTM C78 cuyos valores deben estar entre 42 y 50K g/cm² dependiendo del tipo de servicio que va a dar el pavimento. El módulo de rotura se obtiene mediante ensayos de carga sobre vigas. Estos ensayos son difíciles y consumen tiempo.

Como en la zona no hay los equipos, existe una relación entre la resistencia a la compresión (f'c) y la resistencia por flexión o flexo compresión (f'r).

Diversas investigaciones han determinado que este módulo de rotura se encuentra entre 0.10 años y 0.18 de la resistencia a compresión. Estos coeficientes dependen de la relación Agua/Cemento que por lo general son altos por las condiciones de la mano de obra y un mal control de obra, reduciendo la calidad del concreto.

Entonces si trabajamos con una resistencia de

$f'c = 210 \text{Kg/cm}^2$ se tendría una resistencia

$f'r = 0.18 \times 210 = 37.80 \text{Kg/cm}^2 = 537 \text{psi}$

$f'c = 245 \text{Kg/cm}^2$ se tendría una resistencia

$f'r = 0.18 \times 245 = 44.10 \text{Kg/cm}^2 = 620 \text{psi}$

Por lo tanto, la resistencia a la compresión mínima que debe tener un pavimento debe ser de 245Kg/cm², cuyo módulo de rotura en el mejor de los casos es 44.10Kg/cm² superior a 42Kg/cm²

6. COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA "J "

Trata sobre la eficiencia de la transferencia de cargas entre losas adyacentes, que se produce cuando la rueda de un vehículo pasa de un lado hacia el otro, para evitar las deflexiones que pueden dar origen a los procesos de bombeo y erosión del material de base.

Con esta finalidad se realizan las juntas de contracción que dan origen a la trabazón de agregados, adicionalmente se pueden incluir también los dowels y las barras de amarre en las juntas longitudinales.

Cuando se han tomado las previsiones indicadas, el AASHTO recomienda usar el Cuadro N° 6. 02. De donde para una pavimentación de concreto simple o reforzado, que contará con sardineles de concreto y dowels en las juntas, se escoge un coeficiente J igual a 3.0.

Cuadro N.º 6.02 Coeficientes de transferencia de cargas recomendado para varios tipos de pavimento y condiciones de diseño (AASHTO).

TIPO DE PAVIMENTO	BERMAS DE ASFALTO		SARDINELES DE CONCRETO	
	ELEMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CARGA		ELEMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CARGA	
	SI	NO	SI	NO
De concreto simple o reforzado, con junta	3.2	3.8 a 4.4	2.5 a 3.1	3.6 a 4.2
Pavimento de concreto continuamente reforzado, sin junta	2.9 a 3.2	N/A	2.3 a 2.9	N/A

7.- COEFICIENTE DE DRENAJE Cd

El coeficiente de drenaje Cd corresponde a las capacidades de evacuación del agua superficial a través de la estructura de la losa de concreto. Depende de la calidad de drenaje y del porcentaje de tiempo de retención de las aguas.

El AASHTO recomienda usar el Cuadro N.º 6. 03. De allí obtenemos para un porcentaje de tiempo mayor del 25% que la estructura del pavimento que estará sometido a niveles de humedad cercanos a la saturación y una calidad de drenaje, un Cd igual a 1. 10.

Cuadro N.º 6.03. Coeficientes de drenaje recomendados para el diseño de pavimentos (AASHTO)

CALIDAD DE DRENAJE	PORCENTAJE DE TIEMPO EN QUE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ES EXPUESTA A NIVELES DE HUMEDAD CERCANAS A LA SATURACION			
	Menos del 1	1 a 5	5 a 25	Mayor de 25
Excelente	1.25 a 1.20	1.20 a 1.15	1.15 a 1.10	1.10
Bueno	1.20 a 1.15	1.15 a 1.10	1.10 a 1.00	1.00
Regular	1.15 a 1.10	1.10 a 1.00	1.00 a 0.90	0.90
Pobre	1.10 a 1.00	1.00 a 0.90	0.90 a 0.80	0.80
Muy pobre	1.00 a 0.90	0.90 a 0.80	0.80 a 0.70	0.70

8. MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO Ec

El valor típico del módulo de elasticidad del concreto se encuentra en el Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma E. 060 del Concreto, cuyo valor esta dado por

$$E=15000\sqrt{(f'c)}=217370.65\text{kg/cm}^2 = 3'372,165.47\text{psi. } <>3.3 \times 10^6 \text{psi}$$

9. MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE k

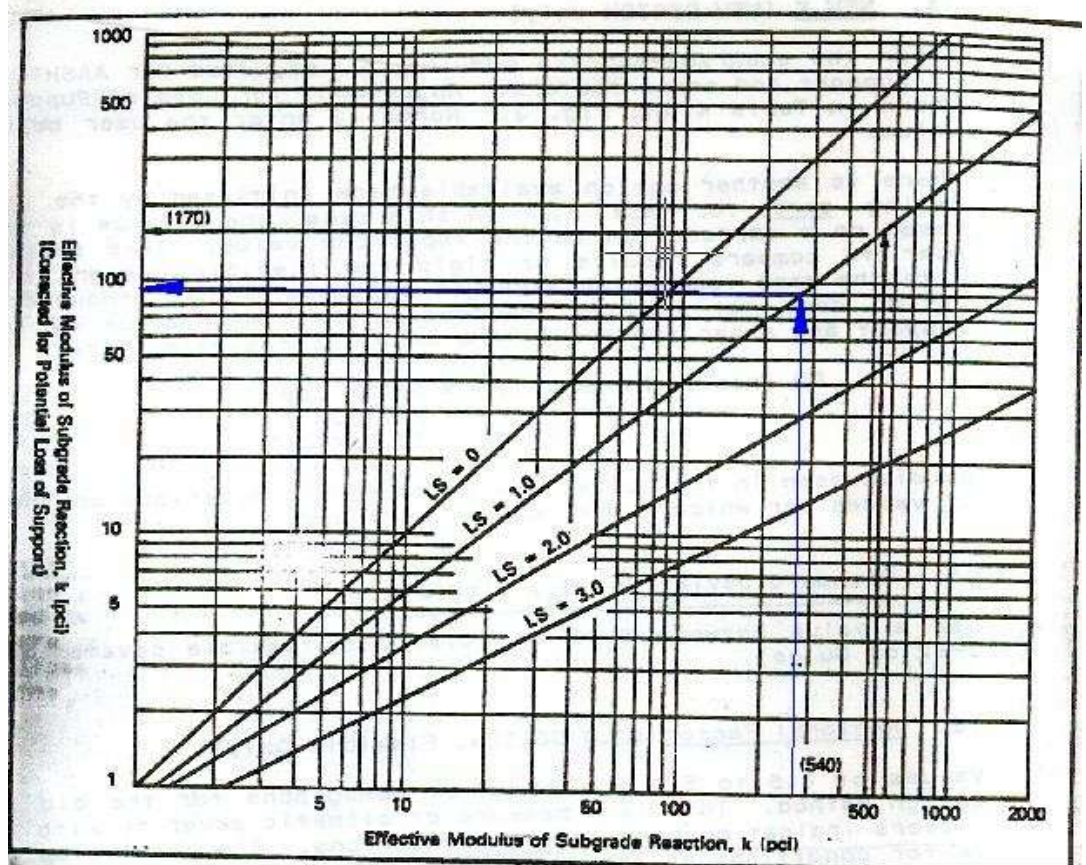
un mejoramiento del 20% para calcular el nuevo k, que se realiza en el Cuadro N.º 6.06

Cuadro N.º 6.06. Nuevo k por efecto de la sub base

ZONA GEOTECNICA	K inicial (lb/pul ³)	K mejorado (lb/pul ³)
VIA SAN JOSE	131.44	158

Asimismo, el AASHTO considera para suelos naturales de grano fino de la subrasante cuyo módulo elástico es menor a 40,000 psi, pero que ha sido mejorado por una sub base, que la pérdida de soporte (Ls) está entre 1 a 3. Usando el coeficiente 1 en la Figura N.º 6.01, con la flecha de color azul, se logra obtener los coeficientes k definitivos para la progresivas en el Cuadro N.º 6.07

Figura N.º 6.07. Correlación del módulo corregido k de la subrasante y el módulo definitivo afectado por el potencial de pérdida de soporte



Cuadro N.º 6.07. "K" definitivo aplicando la pérdida de soporte (Ls)

ZONA GEOTECNICA	K mejorado (lb/pul ³)	K definitivo (lb/pul ³)
VIA SAN JOSE	158	131.44

VIA SAN JOSE	158	92
---------------------	-----	----

Para nuestro diseño se usará el valor de 92pci = 92 lb/pul3

3.1.2 DISEÑO DEL ESPESOR DEL PAVIMENTO

El espesor de la losa de concreto se obtiene usando la fórmula propuesta por el AASHTO que se indica en el numeral 6.1. El proceso podría realizarse mediante la aplicación de programas de cómputo o mediante la utilización de nomogramas como las mostradas en las figuras N.º 6. 02 y 6. 03.

Las flechas rojas indican el proceso de cálculo del espesor del pavimento, resultando una losa de concreto de 8".

DATOS DE DISEÑO

K = 92pci ("K" definitivo)

Ec = 3.37E+06psi (Módulos de elasticidad del concreto para f' c=245 Kg/cm2)

Sc = 44.10 Kg/cm2 = 627psi (Modulo de rotura del concreto)

J = 3.0 (Coeficiente de transferencia de carga)

Cd = 1.1 (Coeficiente de drenaje)

Se obtiene la Línea de Empalme = 60

Figura N.º 6. 02. Carta de diseño para pavimentos de concreto hidráulico, basada en valores medios de cada parámetro (segmento 1). Fuente Guía AASHTO

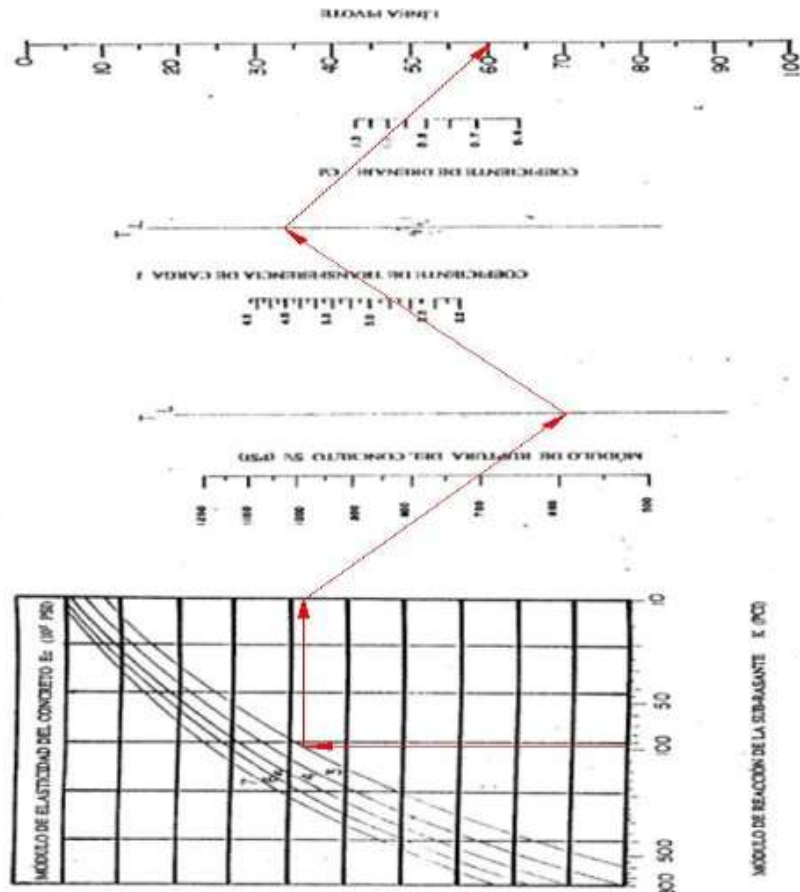
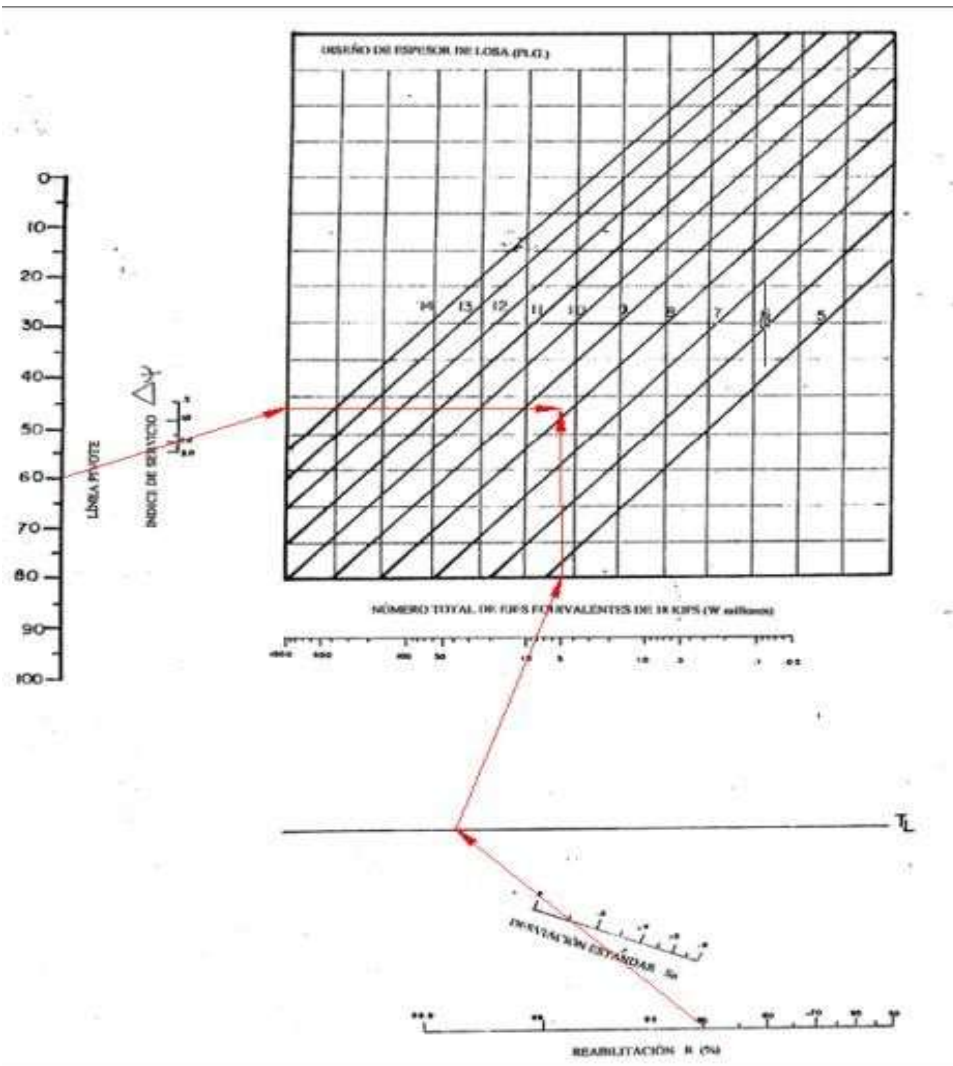


FIGURA No. 5.1

Figura N.º 6. 03. Continuación - Carta de diseño para pavimentos de concreto hidráulico, basada en valores medios de cada parámetro (segmento 2)

- Linea de Empalme = 60
- $\Delta PSI = 2$ (Pérdida de serviciabilidad)
- $R = 80\%$ (Confiability)
- $S_o = 0.3$ (Desviación estándar total)
- $ESAL = 8.70E+06$



Como resultado se obtiene una losa de pavimento de 8" de espesor de resistencia $f'c=245\text{Kg/cm}^2$, con ESAL de $8.70\text{E}+06$ de repeticiones de carga para el periodo de diseño. Las intersecciones de vía tendrán su propio diseño de pavimento.

3.1.3 REFUERZO DEL PAVIMENTO

Con la finalidad de evitar fisuras o grietas debido a la con tracción del concreto por las altas temperaturas de la zona en estudio se considera el acero mínimo de temperatura necesario para este fin:

$$A_s = 0.0018 \text{ bxd}$$

$$b = 100 \text{ cm.}$$

$$d = 20 \text{ cm.}$$

$$A_s = 3.6 \text{ cm}^2.$$

Número de varillas (Usando $\text{Ø } 3/8''$) = $3.6 / 0.71 = 5$ var en 1m de losa \diamond varillas separados $S=0.25\text{m}$.

Sobre la base compactada como alternativa se coloca la losa de concreto de **0.20m.** de espesor con una resistencia a la Compresión Axial de $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$, la misma que llevaría un refuerzo de acero, consistente en una malla de fierro corrugado de $3/8''$ y espaciado cada 0.25 m . colocado a 5 cm . Por debajo del nivel de piso terminado.

4.0 PROTECCIÓN DEL PAVIMENTO

4.01 JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCIÓN

Son las usadas para evitar los esfuerzos debido a la disminución del volumen por la pérdida de agua.

La separación está dada por recomendaciones del ACI 360 R



$L = 24$ a 36 (Espesor de la losa):

$L_{min.} = 24 * 0.20 = 4.80m.$

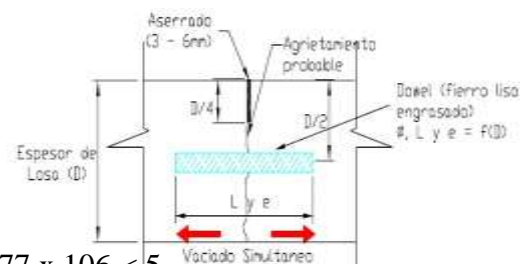
$L_{max.} = 36 * 0.20 = 7.20m.$

El uso de Dowells de acuerdo ACI 325.12 R viene dado por las siguientes recomendaciones

Quando Usar Dowels

-FHWA (1998):
Tráfico > 5×10^6 ESAL.

-ACI 325.12R (2002):
ADTT > 100.
Espaciamento entre juntas > 5 m.
Módulo $k \leq 2$ kg/cc.
Espesores de pavimento > 20 cm.



Para nuestro caso tenemos un $ESAL = 8.577 \times 10^6 < 5$

$\times 10^6$ y un $ADTT = 45 < 100$ camiones por lo tanto no se colocarán Dowells en las juntas de contracción, el mecanismo de transmisión de cargas será en base a la trabazón de los agregados.

Se construirán entre las juntas transversales de expansión, con paños de 4.50 metros y 4.00 metros a fin de obtener un satisfactorio control de agrietamientos. Las juntas transversales serán de una profundidad de ranura de 50 mm. y espesor de 6 mm. Según se detalla en los planos de juntas empleando para ello, perfil de acero del espesor requerido colocado sobre el paño recién vaciado ó mediante el uso de cortadoras con discos diamantados aserrando el concreto después que el concreto ha fraguado, para luego convenientemente sellarlo con sellante elástico de poliuretano.

4.02 JUNTAS TRANSVERSALES DE DILATACIÓN

Son las usadas para evitar los esfuerzos debidos a la disminucion del volumen.

$$\Delta L = L \times \Delta T \times F$$

$\Delta L = 15$ a $20mm \rightarrow \Delta L = 15mm.$

$F =$ Coeficiente de expansión térmica del concreto ($5.5 \times 10^{-6}/^{\circ}F$).

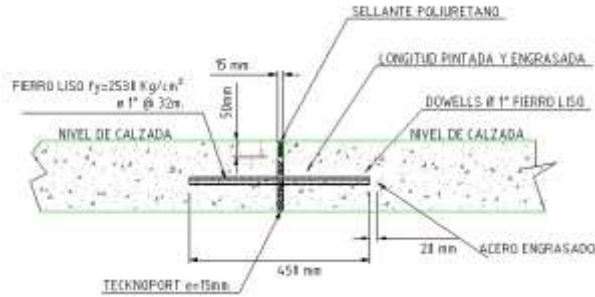
$\Delta T =$ Diferencia de Temperatura ($^{\circ}F$)

Temperatura mínima = $15^{\circ}C = 59^{\circ}F$

Temperatura Máxima = $40^{\circ}C = 104^{\circ}F \rightarrow \Delta T = 45^{\circ}F$

$L = 0.015 / (5.5 \times 10^{-6} \times 45) = 60.60m.$

Se considerará una junta de dilatación cada 32m.



04.02.01 DISEÑO DE DOWEL PARA LA JUNTA TRANSVERSAL.

3.1 GENERALIDADES:

Los Dowels, son dispositivos mecánicos que se utiliza para transmitir cargas de una losa a la vecina. La función fundamental del sistema de dowels a lo largo de las juntas transversales es garantizar la transmisión de cargas entre losas vecinas.

Espesor de la losa: **8.00 Pulg.** 20.32 cm.

SEGÚN LAS RECOMENDACIONES DE LA AASHTO

TABLA 5.00.

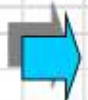
Espesor para la selección de los pasadores de carga.

Espesor de Losa		Barras Pasajuntas					
		Diámetro		Longitud		Separación	
cm	in	mm	in	cm	in	cm	in
13 a 15	5 a 6	19	3/4	41	16	30	12
15 a 20	6 a 8	25	1	46	18	30	12
20 a 30	8 a 12	32	1 1/4	46	18	30	12
30 a 43	12 a 17	38	1 1/2	51	20	38	15
43 a 50	17 a 20	45	1 3/4	56	22	46	18



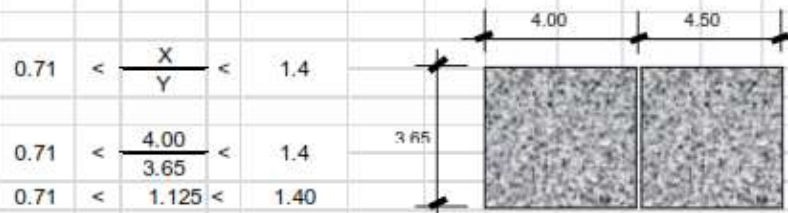
Con la Tabla 5.00, para un espesor de 7.00 pulg igual a 17.78 cm. De la tabla se obtiene en el rango de 6 - 8 pulg. Lo siguiente :

- 1.- Diámetro del pasador : 1 pulg el cual es comercial en el mercado
- 2.- Longitud Total del Dowel : 18 pulg. = 45 cm.
- 3.- Separación entre centros de Dowel : 12 pulg. = 30 cm.



Colocar Dowels de ϕ 1" y L=45 cm @ 0.30m.

LA RELACION ENTRE EL LARGO Y ANCHO DEL TABLERO DE LOSAS DEBE ESTAR DETRO DE LOS SIGUIENTES LIMITES



Se construirán cada 20m. (06 paños de 4. 0 m. en el sentido longitudinal), intercaladas con las juntas transversales de contracción a todo lo ancho de la losa, con barras pasadores lisas con la mitad engrasada embutida en un casquillo de PVC de manera que permita la expansión.

La armadura consistirá en fierro liso de 1" de 0.45 metros de longitud y espaciadas cada 0. 30 metros. La primera varilla se colocará a una distancia mínima de 15 cm. del borde exterior del pavimento. Esta junta tendrá una abertura de 15mm.y una profundidad de 200mm., el mismo que luego de fraguado el concreto deberá ser debidamente rellenado con poliuretano.

4.03 JUNTAS LONGITUDINALES

Son aquellas que se construyen paralelas al eje del camino con el fin de permitir los movimientos relativos de las diversas losas. La profundidad de la ranura será de 50 mm, con espesores de 6mm., el cual será sellado con sellante elástico de poliuretano.

A continuación, realizamos los cálculos de estimación.

4.03.01 DISEÑO DE BARRAS PARA LA JUNTA LONGITUDINAL.

La seccion transversal por unidad de longitud de junta se puede calcular con base de la siguiente ecuacion.

$$As = \frac{B \times f \times W}{Fs}$$

Donde:

As: Area del acero por unidad de longitud de junta cm²/m.
 B: Ancho del carril. B = 3.65 m.
 f: Coeficiente de friccion entre la losa del suelo (1.5). f = 1.50
 W: Peso de la losa por unidad de area. W = 480 kg/m²
 Fs: Esfuerzo del trabajo del acero kg/cm². (0.50 Fy.) **Fs = 0.50 fy = 2100 kg/cm²**
 fy = 4200 kg/cm²
 Espesor de la losa = 0.2000 m.
 Peso especifico del concreto = 2.40 tn/m³

Ø	As	Ø 1/2"	As	Ø 5/8"
1/4"	0.32	1.27	1.251	1.98
3/8"	0.71			
1/2"	1.27			
5/8"	1.98			
3/4"	2.85			
1"	5.08			

As = 1.25 cm²/ml

Diametro de la barra = 1/2" Puql. As-Ø1/2= 0.019
 As-Ø5/8= 0.729

Tomamos fierro de Ø 1/2"

CALCULANDO LA SEPARACIÓN ENTRE LAS BARRAS DE ACERO MEDIANTE LA FORMULA SIGUIENTE :

$$e = Aa/Ab$$

Ab : Area de acero de cada Barr = 1.27 cm²
 Aa : Area de acero necesario = 1.25 cm²

e = 0.985 mts
 e = 0.75 mts

CALCULANDO LA LONGITUD DE LA BARRA DE ACERO MEDIANTE LA SIGUIENTE FORMULA :

$$L = \frac{2 \times F_s \times A_b}{24.5 \times P}$$

Donde : 24.5 es el esfuerzo de trabajo del hormigon en adherencia para calculo de la longitud de anclaje

L = 55 cm Como factor de seguridad le damos una longitudde 70 cm
L = 70 cm

EL ACERO A UTILIZAR ES FIERRO Ø 1/2" DE LONG=0.70 mts ESPACIADAS CADA 0.75 mts.



04.04 JUNTAS DE EXPANSIÓN CONTRA OTRA ESTRUCTURA

Se emplearán en la zona de contacto de la nueva losa y losas de calles adyacentes, cunetas, veredas, sardineles u otras estructuras. Se construirán con un espesor de 15mm. Rellenado con un material no extrusivo, preferentemente sellado con poliuretano. En el caso de estructuras antiguas llevarán uñas de anclaje como medida de seguridad. (Véase plano de Juntas)

05.0 CONCLUSIONES

05.01 Diseñando por el Método ASTTHO se obtuvo un espesor de losa de pavimento de 8"

05.02 Dado el tráfico medio, se proyecta un pavimento de concreto rígido por temperatura con juntas de contracción sin dowels, donde la transferencia de cargas será obtenido mediante la trabazón entre junta y junta, solo se usará dowels en las juntas de dilatación.

8.4 Anexo 4: Memoria de Cálculo de Geosintético

INDICE

Introducción General

La estabilización de suelos

Estabilización de suelos con Geosintéticos

Confinamiento Lateral

Mejoramiento de la Capacidad Portante del Terreno Natural

Efecto Membrana Tensionada

Tópico de Geosintéticos

 Tópico de Geotextil No tejido 200 - 400 Gramos

 Tópico de Geomalla Biaxial 20 kn

Modulación Estructural

Introducción General

Un problema muy común en la construcción de vías, bien sean rurales o urbanas, es la presencia de suelos blandos constituidos por limos y arcillas de variada plasticidad como parte de la sub-rasante. A lo antes mencionado se añade que las rutas de muchas carreteras importantes deben atravesar zonas lluviosas o zonas con ausencia total de materiales granulares de buena calidad para mejoramientos, lo cual dificulta los plazos de construcción e incrementa los costos de obra. Esta situación se ha resuelto desde tiempos históricos mediante la estabilización del suelo de diferentes maneras: Química, mecánica, excavación y reemplazo, entre las más comunes, cuya aplicación genera efectos adversos en el medio ambiente contiguo y muchas veces costos muy altos para la viabilidad económica de las obras.

Hoy en día, el uso de geosintéticos, entre ellos las geomallas y geotextiles no tejidos, permite un uso más eficiente de los recursos de los proyectos, el cual se puede incrementar mediante el conocimiento claro de los mecanismos de trabajo de estos materiales, así como de los beneficios que ellos brindan en una determinada situación. La colocación de una Geomalla Biaxial polimérica entre las capas estructurales de un camino (pavimentado o no), o en un sistema de cimentación produce grandes beneficios para el mismo ya que incrementa el módulo del material granular, mejora la capacidad portante del suelo y reduce las tensiones transmitidas a la sub-rasante siendo un envolvente de cargas de absorción integral en su conjunto.

El proyecto contempla el Mejoramiento de KM 4 + 690.77 ml de infraestructura vial sobre un área pavimentada de 17,510.47m², correspondiente a la parte del proyecto de la etapa General, construido sobre la base de un pavimento rígido de concreto armado de $F'c=245\text{kg/cm}^2$, armado con mallas de acero corrugado, de espesor 0.20m. colocados sobre una base granular de 20cm de espesor. Según sección y estabilización de suelos con Geo sintéticos

Objetivos

Reducir el costo inicial de las estructuras de cimentación mediante la reducción de los volúmenes de excavación y reemplazo de materiales proyectados.

Facilitar las operaciones de construcción de sub-rasantes de baja capacidad mecánica, compuestas por suelos finos, saturados, blandos.

Economizar tiempos de construcción, particularmente en épocas de lluvia, durante las cuales, las soluciones convencionales demandan operaciones pesadas y dificultosas.

Reducir índices de productividad y eficiencia en la instalación específica de los geosintéticos y el material de relleno controlado.

Ubicación

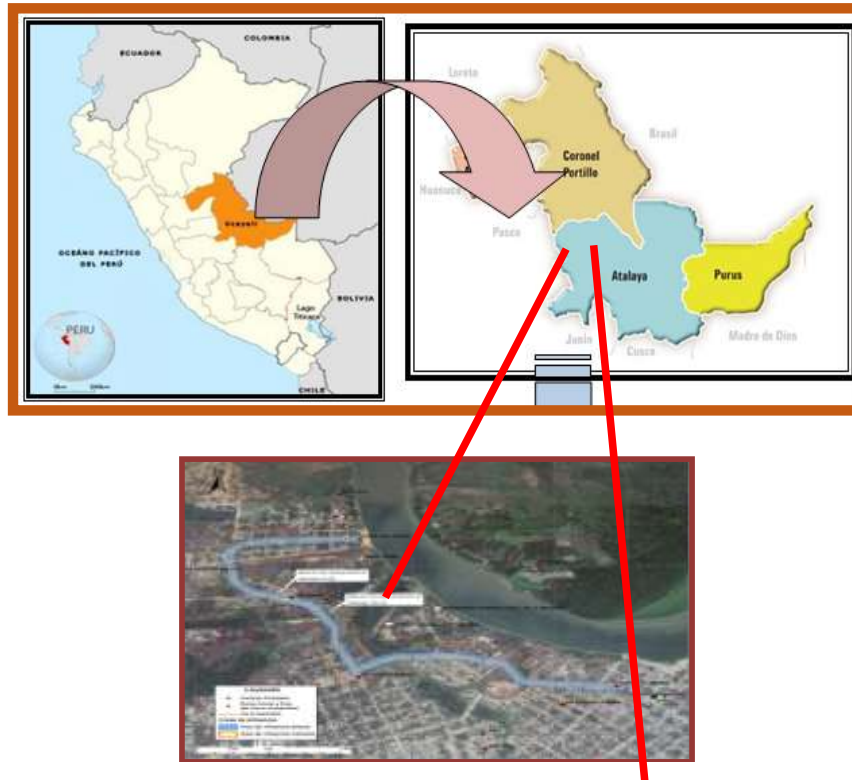
El presente Proyecto se ejecutará en la Vía de acceso Centro Poblado de San José; jurisdicción del Distrito de Yarinacocha, Provincia de coronel Portillo, Región Ucayali.

- REGIÓN : Ucayali
- PROVINCIA : coronel Portillo
- DISTRITO : Yarinacocha
- LUGAR : Vía de acceso al C. P. San José
Inicia en Puerto Callao (E. 546425.47 N. 9076580.52)
Culmina en el C.P. San José (E. 544933.67 N. 9076884.28).



Localización de la vía de vía de Interconexión al C.P. San José desde el Puerto Callao

Ubicación Del Área De Estudio



SISTEMA DE ESTABILIZACION DE SUELOS CON GEOSINTETICOS

La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de sub rasante inadecuado o Insuficiente, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. En cambio, cuando se estabiliza una subbase granular o base granular, para obtener un material de mejor calidad se denomina como subbase o base granular tratada (con cemento o con cal o con asfalto, etc).

La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación.

El manual ilustra diferentes metodologías de estabilización como: mejoramiento por sustitución de suelos de la sub rasante, estabilización mecánica de suelos, mejoramiento por combinación de suelos, suelos estabilizados con cal, cemento, escorias, emulsión asfáltica, estabilización química del suelo, estabilización con geosintéticos (geotextiles, geomallas u otros). Sin embargo, debe destacarse la significación que adquiere contar con ensayos de laboratorio, que demuestren la aptitud y tramos construidos que ratifiquen el buen resultado. Además, se debe garantizar que tanto la construcción como la conservación vial, puedan realizarse En forma simple, económica y con el equipamiento disponible.

Criterios geotécnicos para establecer la estabilización de suelos

1) Se considerarán como materiales aptos para las capas de la sub rasante suelos con CBR $\geq 6\%$. En caso de ser menor (sub rasante Insuficiente o sub rasante inadecuada), se presenten zonas húmedas locales o áreas blandas, será materia de un Estudio Especial para la estabilización, mejoramiento o reemplazo, donde el Ingeniero Responsable analizará diversas alternativas de estabilización o de solución, como Estabilización mecánica, Reemplazo del suelo de cimentación, Estabilización con productos o aditivos

que mejoran las propiedades del suelo, Estabilización con geosintéticos (geotextiles, geomallas u otros), Pedraplenes, Capas de arena, Elevar la rasante o cambiar el trazo vial sí las alternativas analizadas resultan ser demasiado costosas y complejas.

2) Cuando la capa de sub rasante sea arcillosa o limosa y, al humedecerse, partículas de estos materiales puedan penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas, deberá proyectarse una capa de material anticontaminante de 10 cm. de espesor como mínimo o un geotextil, según lo justifique el Ingeniero Responsable.

3) La superficie de la sub rasante debe quedar encima del nivel de la napa freática como mínimo a 0.60 m cuando se trate de una sub rasante extraordinaria y muy buena; a 0.80 m cuando se trate de una sub rasante

4) En zonas sobre los 4,000 msnm, se evaluará la acción de las heladas en los suelos. En general, la acción de congelamiento está asociada con la profundidad de la napa freática y la susceptibilidad del suelo al congelamiento.

Sí la profundidad de la napa freática es mayor a la indicada anteriormente (1.20 m), la acción de congelamiento no llegará a la capa superior de la sub rasante. En el caso de presentarse en la capa superior de la sub rasante (últimos 0.60 m) suelos susceptibles al congelamiento, se reemplazará este suelo en el espesor comprometido o se levantará la rasante con un relleno granular adecuado, hasta el nivel necesario. Son suelos susceptibles al congelamiento, los suelos limosos. Igualmente, los suelos que contienen más del 3% de su peso de un material de tamaño inferior a 0.02 mm, con excepción de las arenas finas uniformes que, aunque contienen hasta el 10% de materiales de tamaño inferior a los 0.02mm, no son susceptibles al congelamiento. En general, son suelos no susceptibles los que contienen menos del 3% de su peso de un material de tamaño inferior a 0.02 mm.

La curva granulométrica de la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0.074 mm (N.º 200) se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios (según Norma MTC E 109).

5) Para establecer un tipo de estabilización de suelos es necesario determinar el tipo de suelo existente. Los suelos que predominantemente se encuentran en este ámbito son: **los limos, las arcillas, o las arenas limosas o arcillosas. Este último es característicos de la ciudad de Pucallpa y del área de los proyectos a ejecutarse.**

Siendo esto se sustenta la estabilización de Suelos Mediante GEOSINTETICOS

Estabilización con Geosintéticos

A diferencia de los suelos, los geosintéticos proporcionan resistencia a la tracción y una mejora significativa en el rendimiento y construcción de pavimentos.

La experiencia internacional que se tiene hasta ahora de los geosintéticos, respecto al comportamiento frente a los agentes agresivos y respecto a su resistencia mecánica, ha permitido la diversificación funcional de los geosintéticos; así tenemos, que la función drenante y anticontaminante es la misión específica de los geotextiles; la función específica de armado o refuerzo del terreno (o de la explanada) o de los pavimentos, está en el ámbito de las geomallas; y, la función de impermeabilización o protección está en el campo de las geomembranas.

Las funciones de separación y filtro de los geotextiles y la función de refuerzo de las geomallas se pueden combinar para proporcionar una estabilización mecánica de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

Sección: Suelos y Pavimentos

Versión abril 2014

Página 105

Los suelos de sub rasante inadecuada. Las geomallas también se pueden utilizar para reforzar o separar la capa de base de un pavimento flexible ya que nos permite mejorar el

valor de soporte y así mejorar el comportamiento de la estructura del pavimento y los geotextiles se pueden colocar en la interfase de subbase - base: (i) para permitir el drenaje de la subbase, cuando se evidencie un mal drenaje, por ejemplo por la utilización de una base densa o cerrada; y / o (ii) para permitir el rápido drenaje de la capa de base.

Las condiciones consideradas óptimas para el uso de geosintéticos, en la construcción de carreteras:

1. Suelos Clasificados según:

- Clasificación SUCS: SC, CL, CH, ML, MH, OL, OH y PT
- Clasificación AASHTO: A-5, A-6, A-7-5 y A-7-6

2. Baja resistencia al corte y sin drenaje

- $T_f = C_u < 2,000$ libras por pie cuadrado (90 kPa)
- CBR < 3 (muestra saturada, CBR determinado según la norma ASTM D 4429)
- R-valor $\sim < 20$ (Determinado según la norma AASHTO T 190)
- MR $\sim < 4500$ psi (30 MPa) (Determinado según la norma AASHTO T 274)

3. Nivel freático alto

4. Sensibilidad alta ($S > 8$, como resultado de la relación entre la resistencia a la compresión no confinada en estado inalterado y la resistencia a la compresión no confinada en estado remoldeado, de una muestra de suelo cohesivo, determinado según el ensayo MTC E 121).

En estas condiciones, los geosintéticos pueden funcionar como separadores para evitar la contaminación o entremezcla de los agregados del afirmado, subbase o base de la carretera y el suelo de la sub rasante; migración de finos se ha observado aun en suelos con CBR 8%. Asimismo, el filtro es necesario, porque los suelos por debajo de un CBR de 3%, suelen ser húmedos y saturados, en tal sentido, el agua existente puede drenar a través de los geosintéticos sin que se produzca transporte de sólidos. También los geosintéticos en su función de refuerzo permitirán, a través del tiempo, la disipación de los esfuerzos y reducción de tensiones en la subbase y mejoramiento de la capacidad de carga.

Según el documento ETL1110-1-189 del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, existen varios tipos de geomallas: geomallas extruidas (extruded), geomallas tejidas (woven), geomallas soldadas (welded) y compuestos de geomallas (geogrid composites). Las geomallas extruidas son formadas de láminas de polímero las cuales son perforadas, calentadas y estiradas en dos direcciones para mejorar sus propiedades físicas. Las geomallas tejidas son fabricadas de fibras de polímero tejidas y luego recubiertas para aumentar su resistencia a la abrasión.

Las geomallas soldadas son fabricadas soldando las uniones de una malla de cintas extruidas de polímero. Finalmente, los compuestos de geomalla son geomallas hormadas en combinación con otro geo sintético para resolver una aplicación geotécnica en particular.

De acuerdo a la experiencia internacional, las geomallas extruidas han tenido un mejor comportamiento estructural en aplicaciones de refuerzo de pavimentos.

Se han identificado tres mecanismos de refuerzo de las geomallas en el refuerzo de suelos y pavimentos: confinamiento lateral de las partículas, mejoramiento de la Página 106 Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección: Suelos y Pavimentos Versión abril 2014 capacidad portante del terreno natural y el efecto membrana tensionada (ETL 1110-1-189).

Confinamiento Lateral

Este mecanismo se logra a través de la trabazón de las partículas granulares con el refuerzo. Las geomallas aumentan el módulo de la capa reforzada al confinar las

partículas e impedir su movimiento natural ante la aplicación de las cargas vehiculares. La trabazón mecánica aumenta la rigidez de la base reduciendo las deformaciones verticales en la interfase inferior y los ahuellamientos en la superficie de rodadura.

Mejoramiento de la Capacidad Portante del Terreno Natural

La rigidez de la geomalla permite distribuir las cargas aplicadas en una mayor área disminuyendo los esfuerzos cortantes y verticales en el terreno natural blando.

Básicamente se traslada el plano de falla de la estructura del pavimento de un material no competente (blando) a materiales de mejor comportamiento estructural como la base/subbase.

Efecto Membrana Tensionada

Este mecanismo se presenta cuando ocurre un ahuellamiento o deformación considerable en el terreno natural debido a una carga vehicular, desarrollándose unos esfuerzos que son soportados por la resistencia a la tensión del refuerzo.

Este efecto de membrana tensionada desarrolla en el refuerzo una resistencia vertical y un confinamiento hacia abajo, aumentando la resistencia al corte del terreno natural.

Este mecanismo de refuerzo para desarrollarse necesita una deformación significativa de la superficie de la carretera, que no siempre es admisible en caminos pavimentados, y adicionalmente, el tráfico debe ser canalizado.

Hasta hace unos años, el efecto membrana tensionada se consideraba el mecanismo principal de refuerzo. Luego de años de investigación se ha determinado que cuando se quiere reforzar la capa granular el mecanismo principal es el confinamiento lateral. En el refuerzo de capas granulares las deformaciones en la estructura del pavimento son mínimas por lo que el efecto membrana tensionada no se alcanza a desarrollar. Cuando se quiere hacer un mejoramiento del terreno natural, los mecanismos principales son el mejoramiento de la capacidad portante y el efecto membrana tensionada.

De acuerdo al USACE y AASHTO, existen diferentes tipos de geomallas, no obstante que presentan una apariencia similar, pero no necesariamente tienen el mismo beneficio estructural. Por lo tanto, en caso de que el Ingeniero Responsable decida utilizar geosintéticos para la estabilización de suelos, analizará y sustentará la conveniencia de aplicación del tipo de geosintéticos que incluirá en su diseño, definiendo si se aplicará para una función drenante, filtro, anticontaminante, refuerzo o protección.

Tópico de Geosintéticos

GEOTEXTIL NO TEJIDO CLASE 2(Geotextil No tejido 200 gr.)

Descripción

El Geotextil No tejido es elaborado con fibras de polipropileno, mediante un proceso de punzonado por agujas. El geotextil es resistente a la degradación debido a la luz ultravioleta, ataques químicos y biológicos que normalmente se encuentran en los suelos.

Función

Separación

Permite la separación a largo plazo entre la base de agregado y la subrasante. Al separar estos dos materiales, el geotextil mantiene el espesor original del agregado del camino (CBR<6).

El geotextil también permite usar una base de agregado para el pavimento con una granulometría más abierta y de alta permeabilidad, lo que mejora el drenaje rápido (factor drenante).

Filtro

Conserva la homogeneidad y evita migración de finos. Incrementa vida útil y sistema de mantenimiento de la vía.

Evita la contaminación de suelos(anticontaminante).

Amparo Normativo

Manual De Carreteras MTC

Suelos, Geotecnia y Pavimentos (RD N° 10 – 2014 – MTC/14)

Capitulo IX Estabilización de Suelos: Estabilización con Geosintéticos (paginas 90– 91)

Capitulo X Materiales para Pavimento - Geosintéticos (paginas 105 - 108)

Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (RD N° 22 – 2013 – MTC/14)

Capitulo II Ámbito de Aplicación (página: 23)

Capitulo II Componentes de la Infraestructura del Camino (páginas: 25,26,43)

Capitulo II Sección 207 Mejoramiento de Suelos (páginas: 104)

Capitulo IV Sección 414 Capas anticontaminantes y Bases (paginas 220- 221)

Capítulo V Sección 509 Subdrenes (paginas 480 - 483)

Hidrología, hidráulica y drenaje (RD N° 20– 2011 – MTC/14)

Subdrenaje Sintético (188 – 198, 200 – 203)

Aplicación

Pavimentos, carreteras, taludes, muros de suelos reforzados y otros.

Metodología de Diseño

Metodología Giroud Han – Bishop – Robert Koerner

Metodología de Macceland

Software GEOSOT V.3(DISEÑO DE GEOMALLAS BIAXIALES Y GEOTEXTILES)

MACREAD (DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO CON INSERTOS DE GEOGRILLAS) y otros.

GEOMALLA BIAXIAL EXTRUIDA 20KN (m2)

Descripción

La Geomalla Biaxial extruida es de polipropileno, indicada para refuerzo y estabilización de suelos.

Función

Sus mecanismos de refuerzo son:

Confinamiento Lateral

Se realiza a través de la fricción y trabazón (interlock) de la geomalla con el agregado, que restringe el desplazamiento lateral de los agregados, aumentando el confinamiento y la resistencia de la base, realizando una distribución uniforme de esfuerzo en la subrasante, reduciendo el esfuerzo y deformación por cortante sobre la subrasante y los ahuellamientos en la zona superior.

Mejoramiento de la Capacidad Portante del Terreno Natural

La rigidez de la geomalla permite distribuir las cargas aplicadas en una mayor área disminuyendo los esfuerzos cortantes y verticales en el terreno natural blando. Básicamente se traslada el plano de falla de la estructura del pavimento de un material no competente (blando) a materiales de mejor comportamiento estructural como la base/subbase.

Efecto Membrana Tensionada

Este mecanismo se presenta cuando ocurre un ahuellamiento o deformación considerable en el terreno natural debido a una carga vehicular, desarrollándose unos esfuerzos que son soportados por la resistencia a la tensión del refuerzo. Este efecto de membrana tensionada desarrolla en el refuerzo una resistencia vertical y un confinamiento hacia abajo, aumentando la resistencia al corte del terreno natural. Este mecanismo de refuerzo para desarrollarse necesita una deformación significativa de la superficie de la carretera,

que no siempre es admisible en caminos pavimentados, y adicionalmente, el tráfico debe ser canalizado.

Reducción de espesores

Amparo Normativo

Manual De Carreteras MTC

Suelos, Geotecnia y Pavimentos (RD N° 10 – 2014 – MTC/14)

Capitulo IX Estabilización de Suelos: Estabilización con Geosintéticos (paginas 90– 91)

Capitulo X Materiales para Pavimento - Geosintéticos (paginas 105 - 108)

Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (RD N° 22 – 2013 – MTC/14)

Capitulo II Ámbito de Aplicación (página: 23)

Capitulo II Componentes de la Infraestructura del Camino (páginas: 25,26,43)

Capitulo II Sección 207 Mejoramiento de Suelos (páginas: 104)

Capitulo IV Sección 414 Capas anticontaminantes y Bases (paginas 220- 221)

Capítulo V Sección 509 Subdrenes (paginas 480 - 483)

Hidrología, hidráulica y drenaje (RD N° 20– 2011 – MTC/14)

Subdrenaje Sintético (188 – 198, 200 – 203)

Metodología de Diseño

Metodología (Geosintéticos)

Giroud / Han – Bishop – Robert Koerner

Software GEOSOT V.3(DISEÑO DE GEOMALLAS BIAXIALES Y GEOTEXTILES)

MACREAD (DISEÑO DE PAVIMENTO ASFALTICO CON INSERTOS DE GEOGRILLAS)

Estructura Interna de Material de Relleno:

Un problema muy común en la construcción de vías, bien sean rurales o urbanas, es la presencia de suelos blandos constituidos por limos y arcillas de variada plasticidad como parte de la sub-rasante. A lo antes mencionado se añade que las rutas de muchas carreteras importantes deben atravesar zonas lluviosas o zonas con ausencia total de materiales granulares de buena calidad para mejoramientos, lo cual dificulta los plazos de construcción e incrementa los costos de obra. Esta situación se ha resuelto desde tiempos históricos mediante la estabilización del suelo de diferentes maneras: Química, mecánica, excavación y reemplazo, entre las más comunes, cuya aplicación genera efectos adversos en el medio ambiente contiguo y muchas veces costos muy altos para la viabilidad económica de las obras. Para zonas con ausencia de granulometría gruesa. En caso de granulometría gruesa es de expectativa aun mayor y su eficacia de trabazón y alta fricción es evidente.

Por efectos de las recomendaciones del estudio de mecánica de suelos, refiere a mejorar estratos de material existente predominando materiales no adecuadas para el sistema de vulvo de presiones, siendo el método convencional el retiro total de materiales blandos por relleno estructural; esta alternativa no es absoluta sino una de las alternativas convencionales típicas en la zona, sin embargo en un sistema de globalización y modernización de la ingeniería e informática nos permite una gran variedad de alternativas como la innovación de aplicativos de geo sintéticos de estructura poliméricas de gran elongabilidad del sistema deparando en aplicativos de software induciendo a la reducción de espesores de diseño, reducción de sistema de cortes masivos y exploratorios, obteniendo ventajas económicas de manera específica en maquinarias pesadas, rendimiento y tablescados , calzaduras según profundidad según sea el caso.

Hoy en día, el uso de geo sintéticos, entre ellos las geomallas, permite un uso más eficiente de los recursos de los proyectos, el cual se puede incrementar mediante el conocimiento claro de los mecanismos de trabajo de estos materiales, así como de los beneficios que ellos brindan en una determinada situación. La colocación de una Geomalla Biaxial polimérica entre las capas estructurales de un camino (pavimentado o no) produce grandes beneficios para el mismo ya que incrementa el módulo del material granular, mejora la capacidad portante del suelo y reduce las tensiones transmitidas a la sub-rasante. Este aplicativo permite:

Reducir el costo inicial de las estructuras de pavimento mediante la reducción de los volúmenes de excavación y reemplazo de materiales proyectados.

Facilitar las operaciones de construcción de sub-rasantes muy pobres, compuestas por suelos finos y saturados.

Economizar tiempos de construcción, particularmente en épocas de lluvia, durante las cuales, las soluciones convencionales demandan operaciones pesadas y dificultosas.

Para nuestro caso el sistema de diseño establece un Vulvo de presiones de 3.00 metros de profundidad, es decir pueden existir acordes con estudio de suelos distintas profundidades de excavación o sobrexcaucion, sin embargo, de manera tacita y por nociones preliminares el factor vulnerable es de 3.00 que guardan símil o relación con el diseño de la losa propiamente dicha al conjugar el grado de potencialidad del CBR Insitu y del CBR de Diseño.

Un factor predominante para la elección de este aplicativo son sus variables de aminorar tiempo en programación de obra con respecto a partidas específicas entre realizar una sobrexcaucion versus el aplicativo del geosintéticos como:

Movimiento de tierra

Mas horas maquinas, operario, combustible, aceite y otros Tablescados y en su defecto propenso a restricciones según sección de vía que a veces dificultan los efectos de vibración complicándose esto ante la presencia de un terreno orgánico.

Otra condición que genera protección en el Vulvo de Presión es que el sistema de subdrenajes que permite un performance dúctil al evitar o encausar aguas por napas freáticas o en su defecto aguas pluviométricas en zonas de jardinería que percolan en el sistema de drenaje.

Bajo estas condiciones y sistemas propuestos asumimos que el comportamiento de los geo sintéticos depara funcionamiento óptimo, perdurable y consistente durante el tiempo. Por otro lado, el empleo de un geotextil no tejido aporta la caracterización:

Para permitir un flujo mayor de líquido a través de un geotextil, los espacios vacíos en él deben ser mayores. Existe, sin embargo, un límite que es cuando las partículas de suelo aguas arriba empiezan a pasar a través de los vacíos del geotextil, junto con el líquido fluyente. Esto puede llevar a una situación inaceptable llamada “bombeo” del suelo.

Este proceso se previene haciendo que los vacíos del geotextil sean lo suficientemente pequeños como para retener el suelo en el lado aguas arriba de la tela. La fracción gruesa del suelo es la que debe ser retenida inicialmente y es el tamaño de suelo objetivo en el proceso de diseño. Estas partículas de tamaño grueso eventualmente bloquean a las partículas de tamaño más fino constituyen una estructura estable de suelo aguas arriba. Afortunadamente, los conceptos de filtro están bien establecidos en el diseño de filtros de suelo, y esas mismas ideas serán usadas para diseñar un adecuado geotextil filtro.

Sistema de homogeneidad y conformidad en toda la estructura de relleno, permitiendo controles por efectos de punzonamiento y sistema de separación de material contaminado del material de relleno, previniendo la mezcla de ambos materiales o la disgregación de

los materiales con el paso del tiempo debilitando con el tiempo la estructura del pavimento.

Marco Teórico Elemental

Geomalla como mejoramiento de subrasante

Las sub-rasantes pobres representan un problema frecuente en la construcción de pavimentos y/o subrasantes.

Como fundación del pavimento/ edificaciones, la sub-rasantes que falle conducirá a un deterioro rápido de su estructura, esto es visible cuando una carga es aplicada directamente sobre el pavimento, en ese momento las partículas individuales del relleno oscilan y rompen la parte superior de la subrasante la cual se moviliza hacia arriba para llenar los vacíos formados, este mecanismo se conoce como “bombeo”, en el caso de edificaciones cargas de hundimiento surgiendo una superficie de falla convencional.

Aunque estos movimientos pueden ser bastantes pequeños el bombeo puede causar contaminación del relleno y una gran reducción de su resistencia a la fricción, la capacidad portante disminuye y el agregado se mueve lateralmente creando surcos o baches en la superficie.

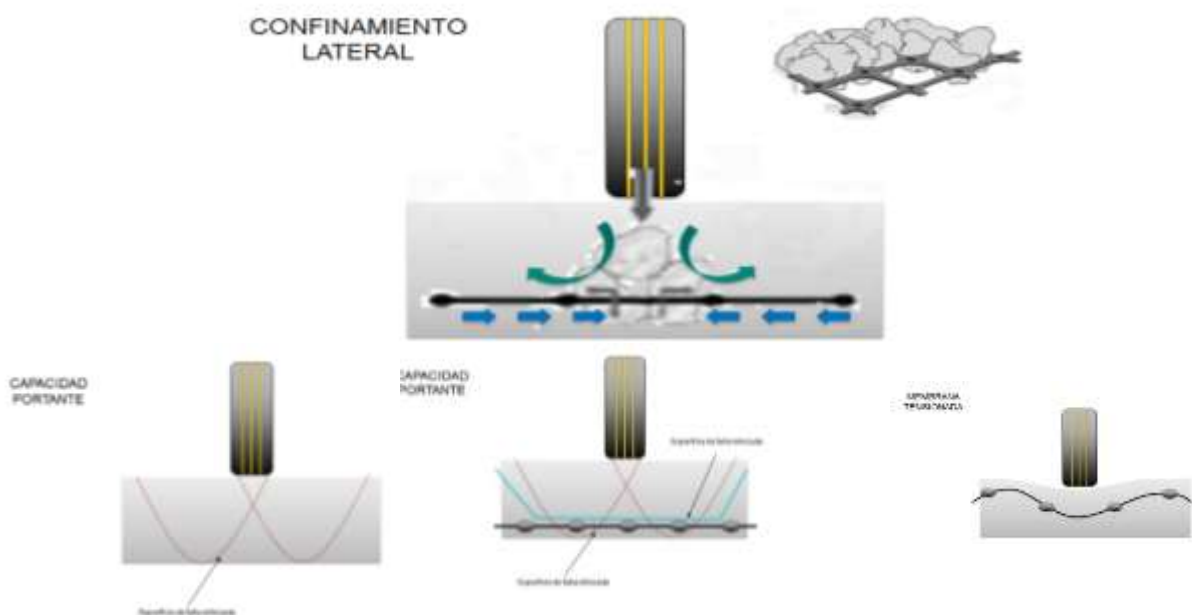
Tradicionalmente, las subrasantes pobres o contaminadas por efecto de “bombeo” han sido removidas y reemplazadas con relleno importado o estabilizadas químicamente. Ambas opciones cumplen su función sin embargo el costo es considerable así como el tiempo que estas ameritan de manera especial comparadas con la solución de geosintéticos de manera específica de la Geomalla Biaxial extruida.

Al instalar un geotextil no tejido de separación y una Geomalla Biaxial entre el relleno de mejoramiento y la sub-rasante, las partículas del relleno penetran en las aberturas de la geomalla trabándose en sus aperturas reduciendo la oscilación, movimientos laterales y el efecto de “bombeo”.

Este entrelazado mecánico también dispersa fuerzas verticales sobre la geomalla permitiendo que se forme un arco bajo la carga aumentando su capacidad portante, la vida útil de la fundación y reduciendo el espesor de material de mejoramiento requerido.

En resumen, la geomalla trabaja como pieza estructural transmitiendo cargas a bajas deformaciones sobre un área mucho mayor e inhibiendo los movimientos laterales del agregado.

A continuación, se realizará el concepto detallado de la teoría de confinamiento y efectos de trabazón sea en caso de agregados finos y gruesos según sea el caso:



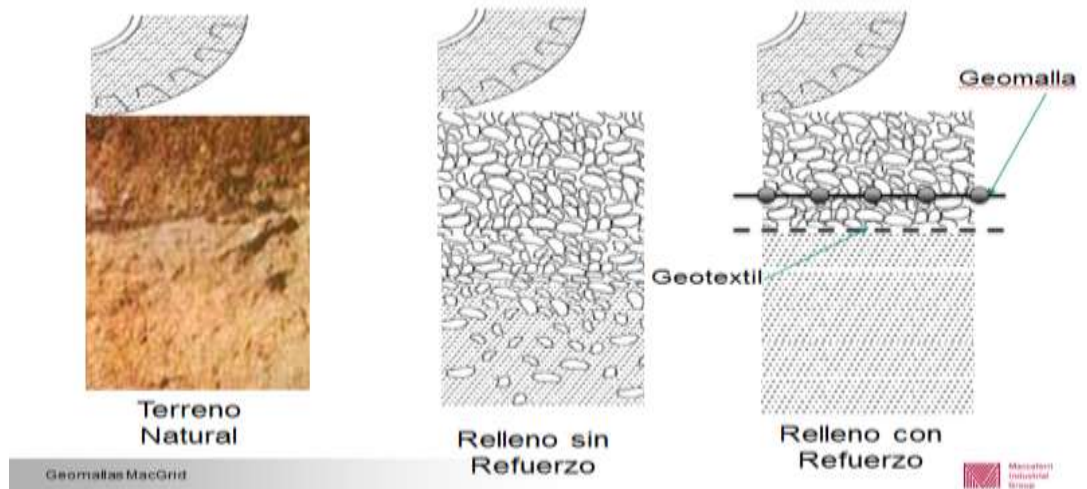


Foto N° 03

Cuadro Comparativo de Sistema Convencional Sin Refuerzo y Con Refuerzo y sistema de migración / anti migración de suelos existentes versus material relleno controlado

La migración de suelos conlleva a un grado de contaminación que conlleva a que el relleno pierda las características mecánicas, siendo vital el uso de un geotextil no tejido, así mismo la geomalla brinda las restricciones laterales y una mayor distribución y absorción de cargas disminuyendo los espesores de manera considerable

Geomalla como separador

Las geomallas biaxiales pueden funcionar como un separador en la aplicación de mejoramiento de sub-rasante, puesto que, no siempre será necesario el empleo de una superficie plana, por ejemplo, un geotextil, que prevenga la contaminación del relleno.

En la interfase “sub-rasante/relleno granular de mejoramiento”, la función de separación: previniendo la contaminación entre 2 materiales diferentes, y la de filtración: permitiendo el flujo libre de agua mientras se presentan finos erosionables, van casi siempre de la mano.



Figura 2

Distribución de cargas y trabazón de partículas

Esto es porque a menudo la sub-base se encuentra saturada y las presiones de poros causadas por el paso del equipo de construcción pueden ser significativas. La solución consiste en reducir estas presiones aplicadas mediante el uso de las geomallas biaxiales, las cuales producen sobre la sub-rasante el efecto de “zapato de nieve” de distribución de carga: El zapato de nieve tiene aperturas, y sin embargo la nieve no puede subir a través de el.

El zapato de nieve permite a un hombre caminar sobre un material que no podría soportar su propio peso, debido a que este distribuye la carga en un área mucho más grande. Las geomallas rígidas trabajan más o menos igual sobre una sub-rasante blanda. La carga es distribuida sobre un área mucho mayor en la sub-rasante, reduciendo la presión aplicada directamente sobre ella y por lo tanto reduciendo la tendencia del material de la sub-rasante a migrar hacia el relleno mejorado en la interfase.

Se puede considerar este efecto similar al funcionamiento de un tamiz. Un tamiz de media pulgada no permite que todas las partículas menores a 1/2 pulgada pasen, a menos que el tamiz sea vibrado. Las geomallas se traban con el relleno e inhiben el movimiento en la interfaz con la sub-rasante. El movimiento es el que causa que la sub-rasante sufra desplazamientos laterales y el efecto de “bombeo”.

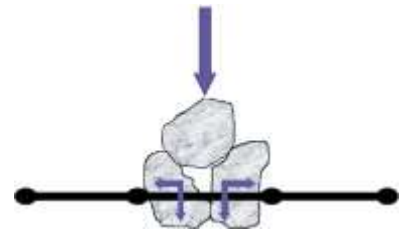


Figura 3

Trabazón mecánica de partículas

El U.S. Army Corps of Engineers (Webster, 1992), encontró que el refuerzo con geomallas dentro de la estructura de pavimento “No presentó ninguna cantidad significativa de agregado proveniente de la subbase, dentro de la capa de base granular en las pruebas realizadas”. Las geomallas, por lo tanto, pueden actuar como un refuerzo dentro de la estructura de pavimento y adicionalmente como un separador, siempre y cuando consideremos 2 situaciones importantes para definir el empleo o no de geotextil adicional:

Cuando el agregado que conforma el material de mejoramiento es bien gradado y puede actuar como un filtro natural para reducir la migración de las partículas finas de la sub-rasante hacia la capa mejorada, entonces podemos decir que una capa de geomalla suficiente para proveer dicha separación.

Por el contrario, cuando el agregado que conforma el material de la capa base no es bien gradado y la migración de finos hacia ella podría presentarse, es necesario emplear un geotextil de filtro debe ser usado en conjunto con la geomalla de refuerzo.

Luego, si la humedad está presente en cantidades de flujo suficientes para inducir el movimiento ascendente de los finos de la sub-rasante, los espacios entre partículas del relleno granular de mejoramiento (f) deben ser bastante pequeños para sostener en su lugar al 85% de las partículas de la subrasante. El criterio de filtro, D_{15f} / D_{85s} , es denominado “piping ratio” (PR), si el PR es menor que 5 (10 para subrasantes de alta plasticidad) los finos de la sub-rasante no podrán contaminar el relleno de mejoramiento.

Las sub-rasantes de limo y arena muy fina son intrínsecamente más móviles, por lo tanto, se les aplica el siguiente criterio adicional de filtro: $D_{50f} / D_{50s} < 25$.

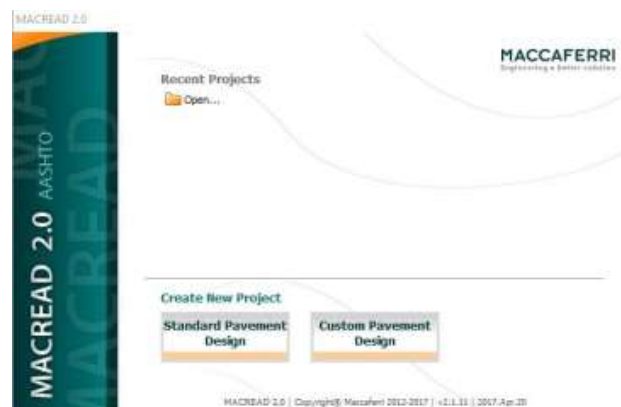
Geotextil separador adicional

La función principal de un geotextil en la construcción de carreteras es la separación, que previene la contaminación del agregado de base por entremezcla con el material de la sub-base. La investigación del Cuerpo de Ingenieros de USA (White, 1991), concluye que los geotextiles no tejidos proveen separación y no aportan soporte estructural.

Luego, cuando se comprueba la necesidad del empleo de un geotextil no tejido adicional al uso de Geomalla Biaxial sobre la sub-rasante, debemos considerar lo siguiente:

Para permitir un flujo mayor de líquido a través de un geotextil, los espacios vacíos en él deben ser mayores. Existe, sin embargo, un límite que es cuando las partículas de suelo aguas arriba empiezan a pasar a través de los vacíos del geotextil, junto con el líquido fluyente. Esto puede llevar a una situación inaceptable llamada “bombeo” del suelo (visto en ítems anteriores).

Este proceso se previene haciendo que los vacíos del geotextil sean lo suficientemente pequeños como para retener el suelo en el lado aguas arriba de la tela. La fracción gruesa del suelo es la que debe ser retenida inicialmente y es el tamaño de suelo objetivo en el proceso de diseño. Estas partículas de tamaño grueso eventualmente bloquean a las partículas de tamaño más fino constituyen una estructura estable de suelo aguas arriba. Afortunadamente, los conceptos de filtro están bien establecidos en el diseño de filtros de suelo, y esas mismas ideas serán usadas para diseñar un adecuado geotextil filtro.





REPORTE DE REFUERZO MEJORAMIENTO DE SUELOS BLANDOS

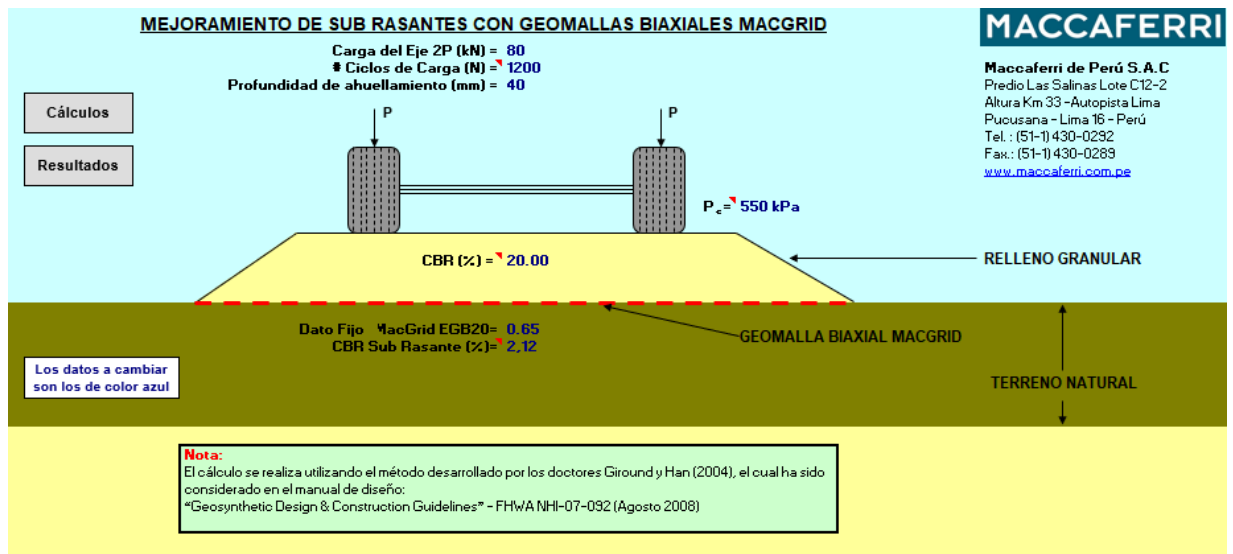


Fig. N.º 01

Se llenan los datos indicados en el sistema y proporcionados del estudio de suelos, en este caso del ensayo de laboratorio más sensible o bajo del CBR=2.12%
 La hoja de cálculo realizara interacciones del método sin refuerzo como con refuerzo.



Fig. N.º 02

El sistema constata los valores de diseño y se sujeta a Pasos consecutivos a nivel preliminar.



Fig. N.º 03

El sistema realiza interacciones sin insertos(geomallas) y con insertos (se evidencian de manera latente los estratos iniciales de interacción. Ver resumen en Fig. N° 04

CBR	h (m)
	Reforzado
0.25	0.76
0.50	0.50
0.75	0.39
1.00	0.32
1.25	0.27
1.50	0.24
1.75	0.21
2.00	0.19
2.12	0.18
2.37	0.16
2.62	0.15
2.87	0.15
3.12	0.15
3.37	0.15
3.62	0.15
3.87	0.15

Fig. N° 04

Resumen de interacciones del sistema reforzados y/o símil de no reforzados y se comparan las reducciones sistemáticas.

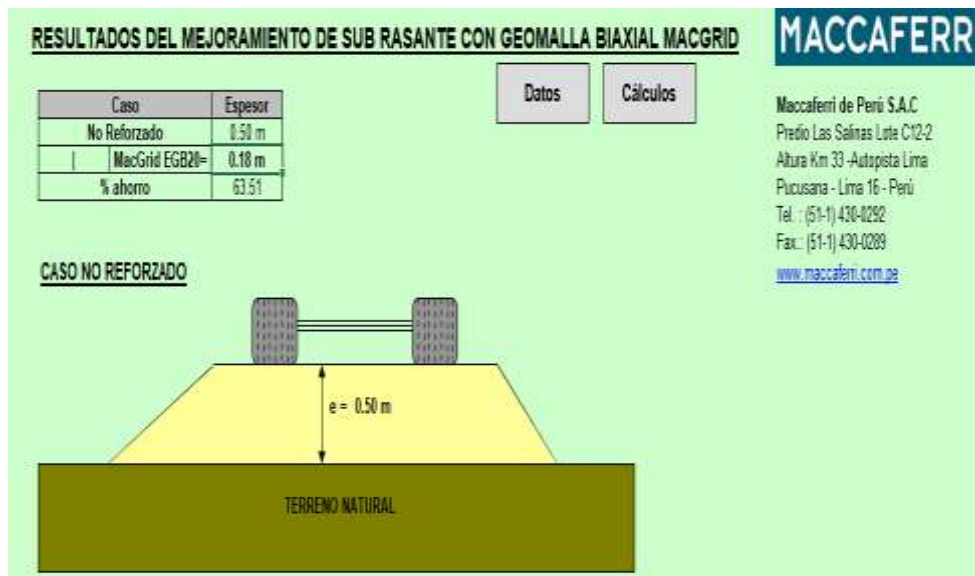


Fig. N° 05

El sistema nos deriva a interacción final de peralte sin refuerzo (inserto/geomalla) , a razón por la que nuestra primera interacción es de máximo 0.50 m por equivalencia , como se observa en la figura y para efectos de ser conservadores recomendamos usar los rangos indicados.

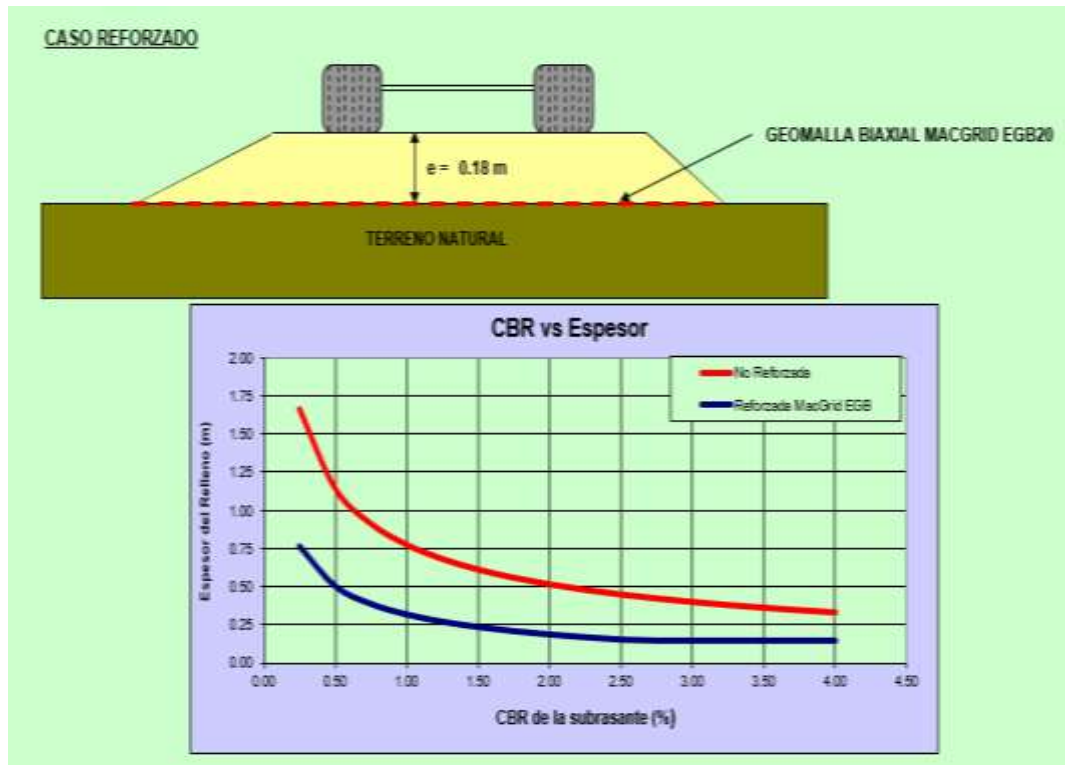


Fig. N° 06

El sistema nos deriva interacciones finales tradicional versus en el aplicativo de la Geomalla, en nuestro caso nuestro pavimento es rígido, estabilizado a nivel de subrasante, razón por la que nuestra primera interacción es de máximo 0.18 m (20 cm) como equivalencia; como se observa en la figura y para efectos de ser conservadores recomendamos usar los rangos indicados.

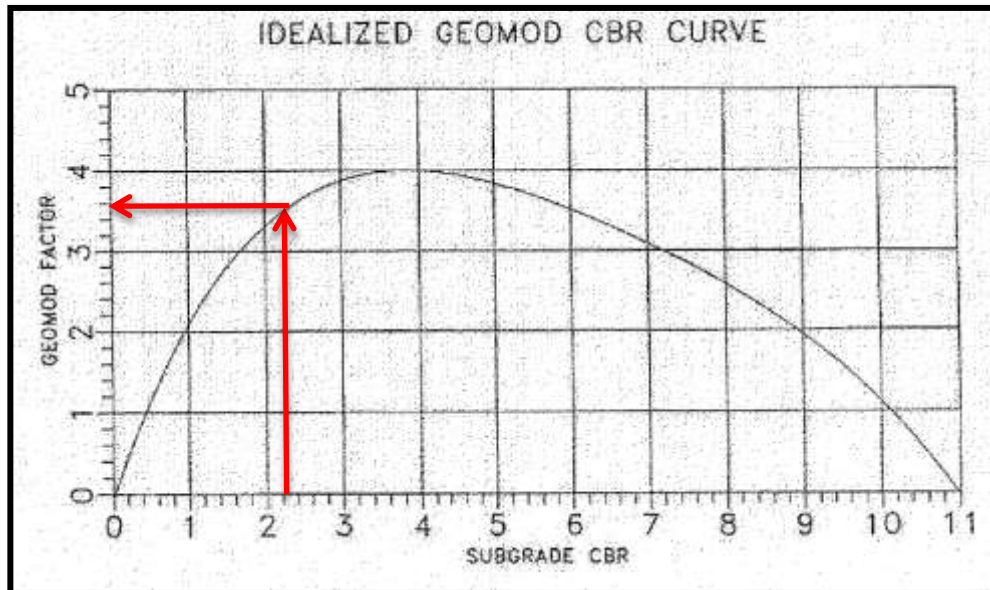
Siendo que se ha determinado que valor de H inicial equivale a 0.18m siendo un valor equivalente superior a $H = 0.20\text{cm}$, por lo que se **debe realizar interacciones adicionales a fin de prever los estratos de consolidación de niveles que a continuación se expone con los cálculos justificativos.**

Como observamos en la curva el máximo de CBR por lo que debemos potenciar el valor de la geomalla. Siendo así induciremos a la aplicación del GEOMOD FACTOR (metodología Gary Gregory) equivalencia de idealización de aportes de la geomalla en el suelo accionante y su equivalencia o grado de aporte real del inserto.

METODOLOGIA GEOMOD FACTOR

CBR Subrasante % 2.12

Tomaremos : 3.6



Utilizando la grafica obtenemos un valor de GEOMOD FACTOR : 3.6

Ahora, aplicando la metodología de Garry H. Gregory, usamos un GEOMOD FACTOR igual a 3.60 (ver sección horizontal SUBGRADE CBR tramos del 0 al 11), el DATO es de 2.12 (dato suelos) trazo una línea VERTICAL hasta interceptar la curva y de este trazo una línea HORIZONTAL hacia la izquierda (ver Sección vertical GEOMOD FACTOR tramos del 0 al 5) el dato último de la intersección es de 3.60, es decir multiplicamos $3.60 \times 2.12 = 7.63\%$

Por tanto, tenemos ahora una capa de 0.20m (promedio de la hoja de cálculo era de 15.00 cm y consideramos 0.20 m por seguridad, en proceso constructivo se tomará en cuenta la nivelación y la compactación) con un CBR en la parte superior igual a = 10.57%.

Ahora, aplicamos nuevamente la metodología de Giroud & Han, también con una Geomalla Biaxial extruida de 20 KN para mejorar el CBR de esta segunda capa de material.

Con 7.63% ya tenemos una subrasante estable para la cual se halla el espesor necesario para alcanzar un CBR de 25%, mediante los gráficos desarrollados por la FAA y asegurar un módulo de reacción K apropiado.

CALCULO DE LA REACCION K

Para un CBR ≤ 10 , empleamos la siguiente fórmula: $K=2.55+52.5 \cdot \log(\text{CBR})$

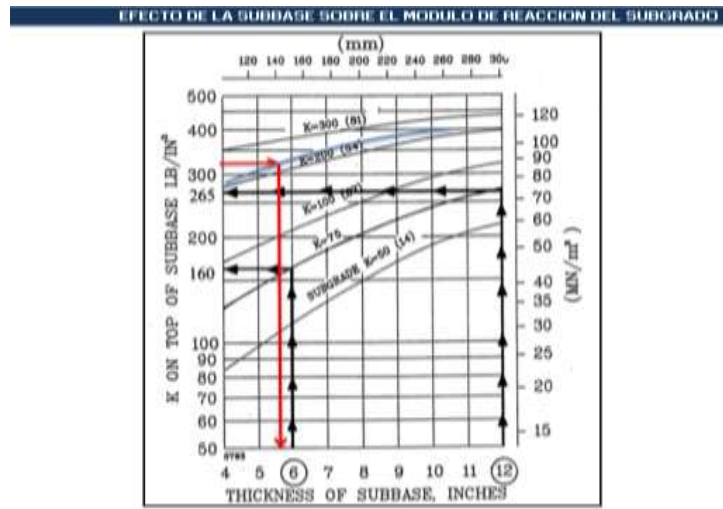
Para un CBR > 10 , empleamos la siguiente fórmula: $K=46+9.08 \cdot [\log(\text{CBR})]^{1.34}$

$$K= 48.89 \text{ MPA/m} \quad \approx \quad 181.07 \text{ PCI}$$

Ahora, necesitamos alcanzar un CBR de : 25.00% en el tope del mejoramiento, para correlacionar el "K" final con el CBR:

$$K= 84.86 \text{ MPA/m} \quad 314.30 \text{ PCI}$$

Constructivamente se consideran 20 cm. finales sobre el mejoramiento realizado. (ver Cuadro A)



Del gráfico obtenemos como espesor necesario para alcanzar el CBR solicitado el valor de :

Espesor de Subbase = 5.85" = 14.86cm

Por proceso constructivo se considerará un espesor final sobre el mejoramiento realizado de : 15.00cm 20.00 cm

Cuadro A

Cuadro de esquemas de tabla a efectos de deducir espesores subsiguientes según peralte a necesidad de consolidar no por reducción sino por esquematización por niveles de estabilización continua.

CONCLUSIONES

En resumen, la sección final del mejoramiento quedaría definida de la siguiente manera:

Niveles de consideración según Figura N° 01 – Nivel de losa de rodadura a consolidación inicial. (Tomar en cuenta el sistema de abajo a arriba)

1.- interfase de consolidación inicial

geotextil no tejido 200 gramos: (02 capas)

envolvente del sistema de anti migración de suelos en fase inicial tipo invertido del sistema debido al material inerte que resistirá la autodegradación del material por su espesor y calidad de resistencia interna.

geotextil no tejido de 200 gramos (fase intermedia e inicial) según EMS determina valores de presencia de saturación interna del sistema insitu, siendo este y a efectos de estabilizar el sistema a este nivel los factores de compactación son esenciales y es necesario un sistema de filtro del tipo envolvente que retenga flujo de agua y

evite migración de finos logrando homogeneidad del filtro, contribuyendo al fenómeno de la velocidad de infiltración y anulando los efectos de capilaridad como un caso extremo.

2.- sistema de consolidación final relleno controlado h= 0.20 m

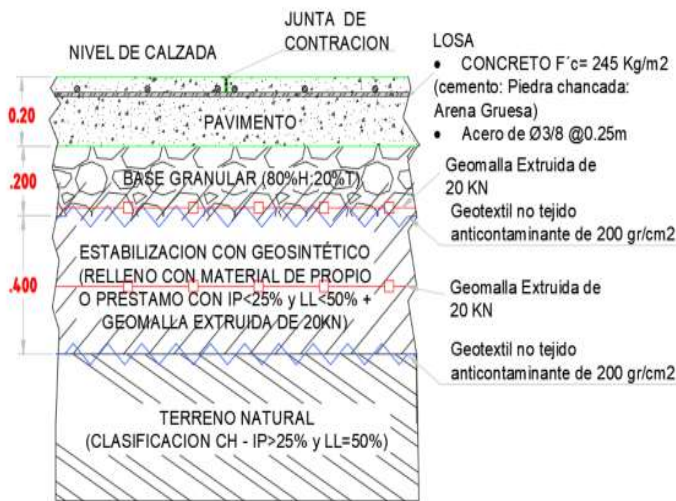
geotextil: envolvente del sistema de anti migración de suelos.

base de la envolvente geotextil no tejido 200gr.

Geomalla Biaxial extrudida de 20kn (03 capas)

geomalla: base granular: 0.20 m – primera y segunda capa 0.20m

Esquematzación Sistema de estabilización de Suelos en la sección del Pavimento



Cuadro B

Esquematzación de espesores según modulaciones del sistema envolvente

Nota:

La modulación realizada es en base a conocimientos y manejo del sistema aplicados únicamente al proyecto en mención. Su uso e interpretación de resultados no son aplicables en otros proyectos, bajo responsabilidad del mismo.