

CAPÍTULO I

DISEÑO TEÓRICO Y METODOLÓGICO

1.1. JUSTIFICACIÓN

Los caminos rurales de menor tránsito constituyen una parte muy importante de la red vial del departamento de Tarija, el tramo Canaletas – Narvárez si bien dio un paso para atrás al pasar de ser un camino fundamental a uno departamental, no deja de ser importante, puesto que ese tramo traslada a los usuarios a las comunidades aledañas y ayuda socialmente en la economía de los mismos al trasladar sus productos y comercializarlos, esta ruta también sirve como un camino de emergencia, ya que la variante Canaletas – Entre Ríos año tras año presenta problemas.

En este escenario, el resultado final que se puede esperar dista mucho de una pavimentación convencional, por los elevados costos, es por ello que se plantea realizar un tratamiento directo siendo el mejor proyecto para lograr los objetivos perseguidos dadas las limitaciones de presupuesto y el bajo tránsito que lo solicita.

Las soluciones empleadas estarán vinculadas con la evaluación del tramo Canaletas – Narvárez, en donde se podrá evaluar la condición de la subrasante y del ripiado así como evaluar los daños superficiales y verificar la geometría teniendo en cuenta los parámetros ideales de diseño para comprobar si el terreno de fundación será apto para realizar un tratamiento directo y analizar en qué estado se encuentra el camino para posteriormente diseñar los espesores requeridos que cumplan estructuralmente de acuerdo al tráfico de la zona, asumiendo que un tratamiento superficial simple o doble proporcionara una calzada firme y confortable contando con soluciones que permitan alivianar el costo de toda una carpeta de rodadura en los procesos de construcción y mantenimiento.

La ejecución de los tratamientos en forma eficiente, permite la obtención de un tratamiento económico, de construcción simple y durable.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. Situación problemática

Los tratamientos superficiales en caminos de tierra se definen como la acción y el resultado del colocado de capas de protección sobre caminos o como conservación y mejoramiento para proveer una superficie de rodado económica y duradera a caminos con base granular y con niveles de tránsito medios a bajos.

El tramo Canaletas – Narváez, perteneciente a la provincia O’ Connor del departamento de Tarija, cuenta con aproximadamente 13 km. Este tramo presenta algunas dificultades que afectan en el correcto funcionamiento del camino, algunos de los problemas observados son las grandes capas de polvo en verano; baches y erosión en tiempos de lluvia, sectores calaminosos, agregado suelto, entre otros, afectando el correcto desempeño en circulación al tránsito que circula por dicho tramo, que, si bien es de bajo volumen, es de importancia para los pobladores que se trasladan a distintas comunidades. Con la evaluación del camino Canaletas- Narváez, se podrá diseñar el tratamiento superficial necesario que brinde un trabajo óptimo para mejorar y proteger la capa actual de rodadura, por medio de estudios que permitan conocer las características del suelo y optar por un tratamiento superficial adecuado para el tramo, siempre y cuando se verifique la factibilidad de realizar un tratamiento directo por medio de una evaluación que indique su condición.

1.2.2. Formulación del problema

¿A través de la utilización de un tratamiento directo en el tramo Canaletas – Narváez se logrará resolver la necesidad de un pavimento con las condiciones técnicas necesarias?

1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1. Objetivo general

Evaluar un camino no pavimentado de bajo volumen de tráfico, por medio de evaluaciones superficiales y estructurales que permitan determinar las características y condición del tramo, con la finalidad de plantear como solución el tratamiento superficial directo para mejorar sus condiciones técnicas a bajo costo.

1.3.2. Objetivos específicos

- Planificar y desarrollar metodologías de trabajo que permita lograr los objetivos propuestos.
- Trabajar en campo; muestreo, análisis y obtención de datos de laboratorio mediante ensayos normalizados.
- Procesar la información y utilizarla para desarrollar la caracterización de los materiales del tramo en estudio.
- Estudiar y aplicar técnicas de evaluación superficial y estructural para caminos de tierra.

- Realizar el análisis del comportamiento estructural de un pavimento con tratamiento directo que satisfaga las necesidades de carga de tráfico.
- Analizar las características de los materiales utilizados en la dosificación de tratamientos superficiales.
- Analizar los resultados obtenidos y plantear alternativas de solución.
- Contar con un análisis económico que permita verificar si el estudio de la carpeta actual resulta factible para tratamiento directo.
- Plantear las conclusiones de estudio y las recomendaciones pertinentes.

1.4. VARIABLES

Independientes

X_i = Tipos de fallas superficiales del camino.

X_i' = Propiedades de subrasante.

X_i'' = Propiedades del ripiado

Dependientes

Y_i = Condición del camino

Y_2 = Comportamiento estructural

1.5. HIPÓTESIS

Si se aplican métodos de evaluación superficial y estructural a un tramo no pavimentado, y a partir de ella proyectar su capa de rodadura con tratamiento directo, entonces se podrá evaluar la condición estructural del tramo para lograr mejorar las condiciones técnicas.

1.6. DISEÑO METODOLÓGICO

1.6.1. Componentes

Unidades de estudio y decisión muestral

- La unidad de estudio o unidad de análisis está referida al contexto, característica o variable que se desea investigar. Es así como la unidad de estudio para el presente trabajo es el tramo Canaletas – Narvéez, que cuenta con 13,098 km.
- La población es el conjunto total de medidas de la unidad de estudio que poseen algunas características comunes observables en un lugar. El tamaño de la población es sumamente importante porque ello determina o afecta al tamaño de la muestra que se vaya a seleccionar. La población que determinara la unidad

muestral es de 1 km, es decir que por cada kilómetro se tendrá un estudio tanto de la superficie, como de las características del suelo.

- El muestreo según el método URCI, considera tomar segmentos del 3% al 5 % de la población, este porcentaje varía de acuerdo al ancho de calzada y se selecciona un segmento en donde se procure que la muestra sea representativa y que entreguen una información relevante y de una calidad más precisa que si se utilizara al azar, es así que para cada kilómetro habrá un área más pequeña denominada unidad de muestreo, esta será ubicada a criterio para obtener mayor representatividad de datos, cada unidad de muestreo variará según el ancho de calzada, en donde para los tramos estudiados, se tomaron unidades de muestra de 40 metros (4 %) para anchos de calzada de 6,0 y 6,5 metros.
- La selección de la muestra para caracterización de los tramos en estudio, deben estar dentro de la unidad muestral, para ello en cada unidad de inspección se extrajo una muestra del rípiado por cada unidad muestral, para cada kilómetro y así posteriormente realizar un análisis.
- Para la caracterización de la subrasante se extrajeron muestras que visualmente presenten distinción, para ello se realizaron calicatas en el mismo sitio en donde se extrajeron muestras del rípiado y de todo el tramo se determinó optar por 4 muestras.

1.6.2. Métodos y técnicas empleadas

- La metodología que contemplara el proyecto será la misma a lo largo de todo éste sin que se hagan mezclas de metodologías y técnicas. Partiendo de la información de la parte teórica del proyecto, realizada en base a libros y páginas de internet es que se define un procedimiento para realizar este trabajo.

Los métodos empleados para la evaluación del camino se basan en procedimientos establecidos por normativas nacionales e internacionales, que permiten identificar las condiciones del tramo en estudio.

Con la finalidad de diseñar los tratamientos superficiales directos para caminos no pavimentados, se utilizaron técnicas apropiadas en el diseño, utilizadas por recomendaciones de diferentes bibliografías y basadas en especificaciones técnicas.

- La identificación de la zona de muestreo se realizará siguiendo datos no probabilísticos, en donde a criterio, se ve por conveniente optar por zonas que demuestren representatividad de datos para obtener resultados de mayor confiabilidad.
- Es importante contar con instrumentos que faciliten el estudio del presente trabajo, para ello, se distinguen diferentes instrumentos según la evaluación que se requiera, es así que para la evaluación superficial, se contaron con instrumentos de gran utilidad para la medición de fallas: una regla que sirve para nivelar y medir con un flexómetro las profundidades de baches, de ahuellamientos, de secciones inadecuadas, etc., también es necesario contar con una cinta métrica que sirva para delimitar el área de unidad de inspección y flexómetro para medir las diferentes fallas. También es necesario contar con una computadora y planillas que ayuden en el control de medidas.

Para la extracción de muestras es necesario contar con instrumentos tales como pala, pico, barreta, cincel, combo y bolsas que serán útiles para sacar una fracción de muestra y realizar los diferentes ensayos de caracterización. Es necesario marcar e identificar correctamente cada muestra para que estas no se mezclen entre sí.

- Como procedimientos se puede explicar que en campo será necesario medir las fallas superficiales, así como baches, corrugaciones, drenaje inadecuado, polvo, sección transversal inadecuada, agregado suelto y ahuellamiento, para mediante curvas, determinar un índice que defina la condición superficial del camino mediante el método URCI “Índice de condición de vías sin capa de rodadura”. Con las muestras extraídas de las zonas de muestreo, se caracterizará los suelos con los ensayos de granulometría y límites de Atterberg, se determinará la densidad máxima y la humedad óptima de los suelos por medio del ensayo de compactación T-180 y posteriormente se determinará la capacidad portante C.B.R. que tiene la carpeta superficial existente para comprobar por tramos de cada kilómetro que tan bueno o malo es el suelo.

En el diseño de tratamientos superficiales directos será necesario caracterizar los materiales que se requieren para su elaboración, para eso se realizarán ensayos de

asfaltos y de agregados pétreos, tales como: penetración, punto de inflamación, ductilidad, peso específico, viscosidad y destilación, en lo que respecta a asfaltos; para los agregados pétreos se realizarán ensayos de granulometría, durabilidad, equivalente de arena, peso específico y peso unitario.

Una vez obtenida la caracterización de todos los materiales se procede a realizar briquetas conformadas por base, riego de imprimación, tratamiento superficial simple y tratamiento superficial doble, con el fin de comparar el comportamiento que se obtiene mediante la aplicación de cargas.

- Para comprobar si se puede realizar un tratamiento directo sobre el ripiado actual que cumpla con las condiciones de tráfico, se procedió a diseñar dos alternativas de paquetes estructurales por medio del programa DIPAV 2.0, una alternativa considerando el nivel de la subrasante (método no directo) y la otra alternativa a nivel del ripiado (método directo)
- El análisis de resultados será experimentado directamente para poder evaluar la condición de estado y el diseño del tratamiento superficial que se adecúe de manera óptima y a bajo costo.

1.6.3. Procedimientos para el análisis y la interpretación de la información

Para interpretar los datos obtenidos en el diseño de tratamientos superficiales, se recurrirá a la estadística descriptiva que es la técnica matemática que obtiene, organiza, presenta y describe un conjunto de datos con el propósito de facilitar su uso generalmente con el apoyo de tablas, medidas numéricas o gráficas. Además, calcula parámetros estadísticos como las medidas de centralización y de dispersión que describen el conjunto estudiado. Se utilizaron los tipos de parámetros estadísticos de dispersión, esto con la finalidad de analizar y medir cuan separados o concentrados están entre si los datos resultantes del proceso de aplicación. Con los datos de carga obtenidos para las briquetas diseñadas, se logrará identificar los siguientes parámetros:

Media

En matemáticas y estadística una media o promedio es una medida de tendencia central. Resulta al efectuar una serie determinada de operaciones con un conjunto de números y que, en determinadas condiciones, puede representar por sí solo a todo el conjunto. La

media aritmética es un promedio estándar que a menudo se denomina "promedio". Se calcula con la fórmula:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

Donde

n= Número de datos

X_i= Conjunto de datos

Desviación estándar

La desviación típica es una medida del grado de dispersión de los datos con respecto al valor promedio. La desviación estándar de un grupo repetido de medidas nos da la precisión de éstas, nos dice cuánto tienden a alejarse los valores concretos del promedio en una distribución de datos, mientras mayor sea el valor de la desviación, se interpreta que los datos están más dispersos. Se calcula la desviación estándar de la siguiente manera:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Donde

n= Número de datos

X_i= Conjunto de datos

\bar{x} = Media

Varianza

La varianza es una medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie de datos respecto a su media. Formalmente se calcula como la suma de los residuos al cuadrado divididos entre el total de observaciones. La unidad de medida de la varianza será siempre la unidad de medida correspondiente a los datos, pero elevada al cuadrado. La varianza siempre es mayor o igual que cero, y es la desviación típica elevada al cuadrado, se calcula con la fórmula siguiente:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Donde

n= Número de datos

X_i= Conjunto de datos

\bar{x} = Media

Coefficiente de variación

El coeficiente de variación es la relación entre la desviación típica de una muestra y su media, permite comparar las dispersiones de dos distribuciones distintas, siempre que sus medias sean positivas.

Se calcula para cada una de las distribuciones y los valores que se obtienen se comparan entre sí.

$$CV = \frac{\sigma}{|\bar{x}|}$$

Donde

σ = Desviación

\bar{x} = Media

1.7. MEDIOS

Siendo un trabajo de aplicación, en donde es necesario poner en práctica los conocimientos adquiridos en los años de estudio, como también investigar diversos temas de evaluación tanto superficial como estructural y tratar temas de tratamientos superficiales se vio por conveniente lo siguiente:

- Realizar los ensayos de laboratorio de suelos en la empresa consultora ADA.srl. y en el laboratorio de suelos de la U.A.J.M.S., que al tener todo el equipo necesario hace de este proyecto de grado de gran factibilidad.
- Los ensayos estructurales: compactación y CBR, se plantearon realizarlos teniendo en cuenta los moldes y equipos necesarios, así como todas las herramientas e indumentaria requerida para estos ensayos y sus resultados.
- Para la evaluación superficial, se planifico realizar planillas de evaluación en los que se registrara en campo la medición de todas las fallas superficiales, también contar con las herramientas e instrumentos que permitan realizar un trabajo adecuado. Es importante seguir todos los procedimientos de calificación de estado según el método utilizado en el proyecto “Método URCI”.
- Con la verificación de la geometría del tramo se llegará a medir los radios de curvatura máximos y mínimos y las pendientes longitudinales máximas que determinen si estos cumplen o están bajo normativa, estos se midieron por medio de programas y en campo.

- Para el diseño de espesores se utilizó como medio el programa DIPAV 2.0 que fue de gran aporte para determinar los espesores de los paquetes estructurales propuestos.
- Para el diseño de los tratamientos superficiales es necesario clasificar el cemento asfáltico y los agregados pétreos, para esto, se solicitó realizar los ensayos en el laboratorio de asfaltos y suelos de la alcaldía municipal, que está ubicado en la zona de la Pintada.
- Un medio muy importante es la biblioteca de la U.A.J.M.S., facilitando con libros el hallazgo de varios conceptos utilizados para la realización de este proyecto; las guías de laboratorio tanto de la universidad como del manual de carreteras de la ABC son de gran ayuda para realizar los diferentes ensayos de laboratorio, así como la bibliografía relacionada a los tratamientos superficiales, que indican los parámetros y requisitos para poder elaborar los diferentes ensayos de una manera correcta.
- Es también importante mencionar la ayuda que brindan las páginas web en las cuales podemos encontrar infinidad de información, siendo un medio para avanzar en la realización de este proyecto.
- Un medio particular son los apuntes de lo avanzado y estudiado en diferentes etapas de la carrera, que sirven para aplicar lo aprendido y buscar resolver los problemas que vayan presentándose a lo largo de la ejecución del proyecto.

1.8. ALCANCE

El trabajo presentado es una propuesta que plantea tomar el tratamiento directo como una primera opción para mejorar las condiciones técnicas de un camino no pavimentado, entendiéndose como tratamiento directo aquel que requiere de acciones que alivianen el costo, dado que el volumen de tráfico en el tramo Canaletas – Narvéez es considerado como bajo, por lo tanto, una pavimentación conformada por un paquete estructural resultaría costosa para este tipo de camino.

Para dar inicio al trabajo se deberá planificar y desarrollar metodologías que definan de que partes constará el trabajo final, y que permitan lograr los objetivos propuestos.

Al realizar evaluaciones superficiales y estructurales, es importante determinar el muestreo a realizarse, la cantidad de ensayos de suelos y las mediciones superficiales,

puesto que estos datos nos proporcionarán la condición actual del camino, exponiendo las características y propiedades de los materiales del tramo y la calificación del estado superficial que se la realiza por medio de la metodología URCI para caminos no pavimentados.

Para analizar el comportamiento estructural que cumpla con las necesidades de carga de tráfico, lo primero que debe realizarse es un aforo de vehículos para obtener uno de los parámetros que se necesitan en el diseño de espesores, así como verificar que el tramo es de bajo volumen. Este diseño se efectuará por medio de un programa especializado en determinar los espesores de carpetas asfálticas, tomando en cuenta el número estructural de acuerdo al tráfico.

Para diseñar los espesores se pretende analizar dos alternativas, la primera con un método no directo y la otra alternativa con un método directo, todo con el fin de indicar la diferencia de una con la otra tanto en condiciones técnicas como económicas.

Posteriormente se diseñarán dos tipos de tratamientos superficiales que son el tratamiento superficial simple y el tratamiento superficial doble, en este diseño se busca tener las dosificaciones adecuadas de los materiales, para ello se deberá analizar las características de los asfaltos y de los agregados a utilizarse, para realizar una simulación de un tratamiento directo sobre el ripiado y verificar el comportamiento de estos a la acción de cargas.

Con todo lo propuesto anteriormente se presentará el costo para cada alternativa de solución y se analizará la factibilidad de realizar un tratamiento directo en el tramo Canaletas – Narvárez.

CAPÍTULO II

CAMINOS NO PAVIMENTADOS

2.1. CAMINOS Y CARRETERAS

Se denominan caminos a las vías rurales, mientras que el nombre de carreteras se lo aplican a los caminos de características modernas destinadas al movimiento de un gran número de vehículos.

La carretera se puede definir como la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que llene las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente para permitir el rodamiento adecuado de los vehículos para los cuales ha sido acondicionada.

2.1.1. Clasificación de carreteras

Las carreteras se clasifican de distintas maneras en diferentes lugares del mundo, ya sea mediante el objeto que se persigue con ellas, o/y de acuerdo a su transitabilidad, donde en Bolivia se distinguen tres clasificaciones.

Por su administración.

Clasificación técnica.

Por su transitabilidad.

2.1.1.1. Clasificación por administración

Por el aspecto administrativo las carreteras se clasifican en:

Red fundamental.

Red departamental.

Red vecinal.

Red fundamental

Está conformado por carreteras que vincula capitales de departamentos y también por las carreteras que nos vinculan por el exterior del país y estas son administradas por la Administradora Boliviana de Carreteras (A.B.C.), anteriormente el S.N.C.

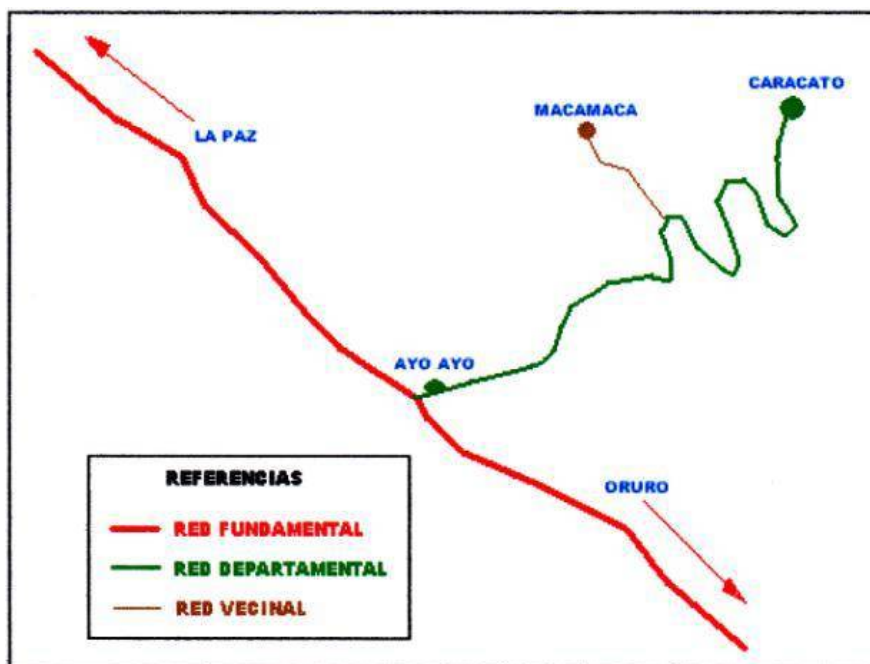
Red departamental

También llamado red complementaria, la cual está conformado por carreteras que se dependen de la red fundamental, estos caminos son administrados por los Servicios Departamentales de Caminos (SEDECA), en los diferentes departamentos.

Red vecinal

Está conformada por caminos, que se dependen de la red departamental o complementaria, y son administrados por los diferentes gobiernos municipales.

Figura 2.1. Clasificación administrativa de carreteras



Fuente. Replanteo topográfico aplicado a la construcción de carreteras / Ing. Jhony Santos Layme Chambi

2.1.1.2. Clasificación técnica

Esta clasificación permite distinguir en forma precisa la categoría de un camino, para esto se toma en cuenta los volúmenes de tráfico y las especificaciones geométricas aplicadas.

Volúmenes de tráfico

Se refiere al número de vehículos que pasa por un determinado punto, en un determinado tiempo.

Los volúmenes de tráfico utilizan diversas unidades de medición; vehículos por hora (VPH), vehículos por día (VPD). Donde los vehículos por día también representan lo que es el tráfico promedio diario anual. (TPDA).

Especificaciones geométricas

Están relacionadas con el ancho, alineamiento y pendiente, que determinan la velocidad de diseño de una carretera.

En base a estos dos parámetros la ABC y la norma AASHTO establece las siguientes categorías para las diferentes carreteras en Bolivia.

Cuadro 1. Clasificación funcional para diseño de carreteras y caminos rurales

Categoría		Sección transversal		Velocidades de proyecto (km/h)	Código tipo
		N° Carriles	N° Calzadas		
0	Autopista	4 ó + UD	2	120 – 100 – 80	A (n) – xx
I.A	Autorruta	4 ó + UD	2	100 – 90 – 80	AR (n) – xx
I.B	Primario	4 ó + UD	2 (1)	100 – 90 – 80	P (n) – xx
		2 BD	1	100 – 90 – 80	P (2) – xx
II	Colector	4 ó + UD	2 (1)	80 – 70 – 60	C (n) – xx
		2 BD	1	80 – 70 – 60	C (2) – xx
III	Local	2 BD	1	70 – 60 – 50 – 40	L (2) – xx
IV	Desarrollo	2 BD	1	50 – 40 – 30	D - xx

Fuente. Manual técnico para el diseño de carreteras ABC

Cuadro 2. Tipo de carretera según AASTHO

Tipo	TPD
Tipo especial	>3000
Tipo A	1500 – 3000
Tipo B	500 – 1500
Tipo C	50 – 500

Fuente. Guía de carreteras UAJMS

2.1.1.3. Clasificación por transitabilidad

Esta clasificación corresponde a las etapas de construcción de una carretera, la cual se divide en tres tipos de camino

Camino de tierra.

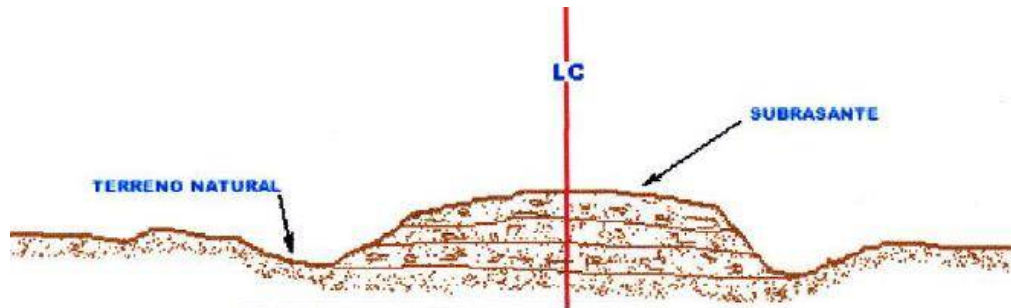
Camino revestido.

Camino con pavimento.

Camino de tierra

Está definida cuando se ha construido la sección de la carretera hasta el nivel de la subrasante, así como se muestra en la figura 2.2.

Figura 2.2. Construcción de camino a nivel subrasante

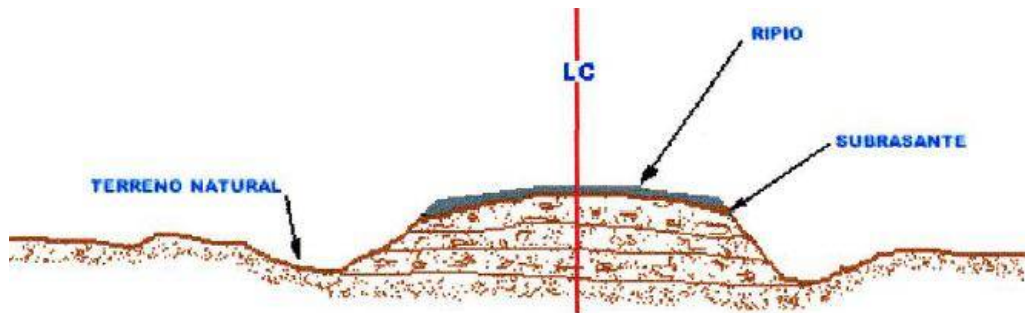


Fuente. Elaboración propia

Caminos revestidos

Esta referida al colocado (Ripiado), de una o varias capas de material granular (Ripio=cascajo) sobre la subrasante. (Figura 2.3.)

Figura 2.3. Construcción de camino a nivel subrasante revestido con ripio

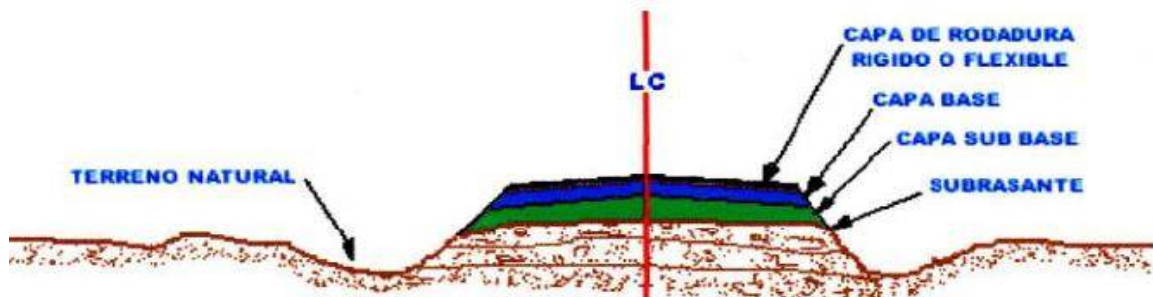


Fuente. Elaboración propia

Caminos pavimentados

Estos caminos son una estructura de pavimento (Paquete estructural), donde es colocado sobre la subrasante. (Figura. 2.4.)

Figura 2.4. Construcción de camino a nivel rasante con paquete estructural



Fuente. Elaboración propia

Para este tipo de camino existen dos tipos de pavimento; pavimento rígido, compuesto de cemento, agregados y agua (hormigón) a la vez estas no se deforman, y pavimento flexible, compuesto por asfalto y agregados, este tipo de pavimento se deforma al paso del vehículo.

La estructura del pavimento está formada de una capa sub base, capa base y una capa de rodadura, que puede ser flexible o rígido, donde los materiales que se utilizan para conformación son seleccionados, en función al trabajo que se realiza.

2.2. TIPOS DE CAMINOS SEGÚN SU CARPETA DE RODADURA

2.2.1. Caminos pavimentados

2.2.1.1. Estructura

Superficie subrasante

La subrasante es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado. La subrasante es el asiento directo de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de la carretera que se construye entre el terreno natural allanado o explanada y la estructura del pavimento.

Los suelos por debajo del nivel superior de la subrasante, en una profundidad no menor de 0.60 m, deberán ser suelos adecuados y estables con $CBR \geq 6\%$. En caso el suelo, debajo del nivel superior de la subrasante, tenga un $CBR < 6\%$ (subrasante pobre o subrasante inadecuada), corresponde estabilizar los suelos.

Subbase granular

Es la capa que se encuentra entre la subrasante y la base del pavimento asfáltico. Funciona como una capa de transición que evita que los materiales de la subrasante y la base se mezclen entre sí y que los finos de la subrasante afecten la base, disminuyendo su calidad. Debe ser capaz de drenar el agua que ingresa por la carpeta asfáltica, proporcionar resistencia al pavimento, soportando los esfuerzos que son transmitidos por las cargas a los que está sometida la estructura y permite disminuir las deformaciones que se pueden producir en la superficie del pavimento producto de cambios volumétricos en la subrasante. Estos cambios se pueden deber a expansiones del suelo, cambios extremos de temperatura, entre otros. Para esto debe tener un espesor de mínimo 12 centímetros.

Esta capa debe compactarse en terreno por lo menos al 95% de la DMCS (Densidad máxima compactada seca) del ensayo proctor modificado.

Base granular

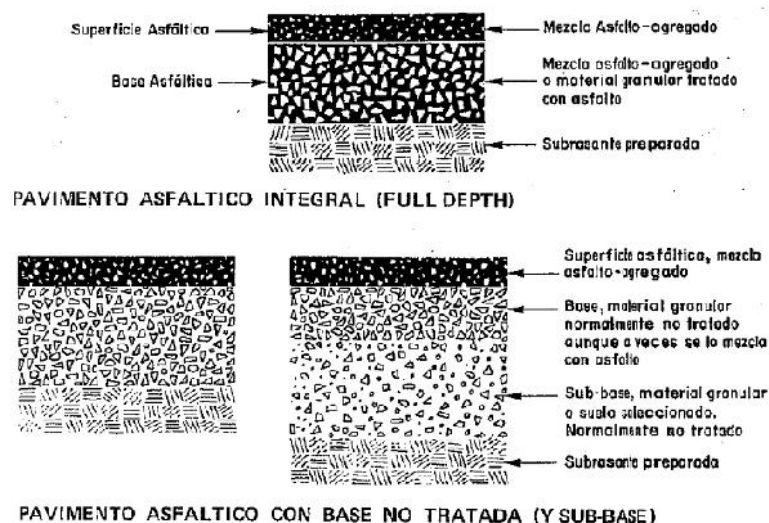
Es la capa que se encuentra entre la subbase y la carpeta asfáltica. Constituye la capa más importante del pavimento asfáltico por lo que sus materiales deben ser de alta calidad. Su función principal es resistir y transmitir los esfuerzos producidos por las cargas debidas al tránsito hacia la subbase y subrasante.

La granulometría del material utilizado debe permitir obtener una densidad alta y la fracción gruesa debe ser obtenida mediante trituración mecánica. Debe estar formada por una capa de entre 12 y 30 centímetros (Los espesores mayores se compactan en capas), cuya compactación debe lograr que la DMCS sea por lo menos igual a la obtenida con el ensayo proctor modificado.

Carpeta de rodadura

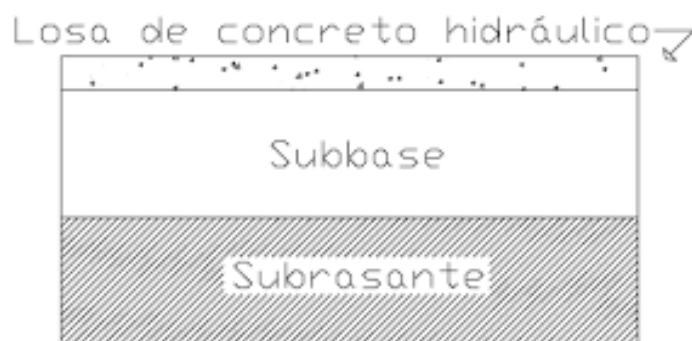
Es la capa superior del pavimento, puede ser asfáltica (Flexible) o cementada (Rígida), situada sobre la base granular. Es una capa uniforme, estable y (En lo posible) impermeable, que permite el tránsito vehicular y evita al mismo tiempo, los efectos abrasivos que estas cargas repetitivas puedan provocar. Posee una resistencia suficiente para que en conjunto con las capas subyacentes logren la capacidad estructural necesaria del pavimento.

Figura 2.5. Corte transversal de secciones de pavimento asfáltico comunes.



Fuente. Tecnología del asfalto y prácticas de construcción, instituto Chileno del asfalto (1985)

Figura 2.6. Corte transversal de secciones de pavimento rígido



Fuente. Diseño y conservación de pavimentos rígidos / Universidad nacional autónoma de México

2.2.1.2. Pavimentos rígidos

Los pavimentos de concreto reciben el apelativo de “rígidos” debido a la naturaleza de la losa de concreto que la constituye.

Debido a su naturaleza rígida, la losa absorbe casi la totalidad de los esfuerzos producidos por las repeticiones de las cargas de tránsito, proyectando en menor intensidad los esfuerzos a las capas inferiores y finalmente a la subrasante.

Existen tres tipos de pavimentos de concreto:

Pavimentos de concreto simple con juntas

Pavimentos de concreto reforzado con juntas

Pavimentos de concreto continuamente reforzados

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

Los materiales del pavimento rígido son:

Concreto

Acero y canastillas

Selladores

Cordones de respaldo

2.2.1.3. Pavimentos flexibles

Se denomina pavimentos flexibles a aquellos cuya estructura total se defleca o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él. El uso de pavimentos flexibles se realiza fundamentalmente en zonas de abundante tráfico como pueden ser vías, aceras o estacionamientos.

Características

Los pavimentos flexibles se caracterizan por estar conformados principalmente de una capa bituminosa, que se apoya de otras capas inferiores llamadas base y subbase; sin embargo, es posible prescindir de estas capas dependiendo de la calidad de la subrasante y de las necesidades de cada obra. Cada capa recibe las cargas por encima de la capa, se extiende en ella, entonces pasa estas cargas a la siguiente capa inferior.

Por lo tanto, la capa de más abajo en la estructura del pavimento, recibe menos carga. Con el fin de aprovechar al máximo esta propiedad, las capas son generalmente dispuestas en orden descendente de capacidad de carga, por lo tanto, la capa superior será la que posee la mayor capacidad de carga de material (y la más cara) y la de más baja capacidad de carga de material (y más barata) ira en la parte inferior.

Descripción carpeta asfáltica

La carpeta asfáltica es la parte superior del pavimento flexible que proporciona la superficie de rodamiento, es elaborada con material pétreo seleccionado y un producto asfáltico dependiendo del tipo de camino que se va a construir, las principales características que debe cumplir el pétreo son las siguientes:

- Un diámetro menor de una pulgada y tener una granulometría adecuada.
- Deberá tener cierta dureza para lo cual se le efectuarán los ensayos de desgaste los ángeles, intemperismo acelerado, densidad y durabilidad.
- La forma de la partícula deberá ser lo más cúbica posible, recomendamos no usar material en forma de laja o aguja pues se rompen con facilidad alterando la granulometría y pudiendo provocar fallas en la carpeta, se efectuarán pruebas de equivalente de arena ya que los materiales finos en determinados porcentajes no resultan adecuados.

En las mezclas asfálticas, es de gran importancia conocer la cantidad de asfalto por emplearse, debiéndose buscar un contenido óptimo; ya que en una mezcla este elemento forma una membrana alrededor de las partículas de un espesor tal que sea suficiente para resistir los efectos del tránsito y de la intemperie, pero no debe resultar muy gruesa ya que además de resultar antieconómica puede provocar una pérdida de la estabilidad en la carpeta, además este exceso de asfalto puede hacer resbalosa la superficie, para calcular este óptimo se tienen las pruebas de compresión simple para mezclas en frío, la prueba

Marshall para muestras en caliente y la prueba de Hveem. Para conocer la adherencia entre el pétreo y el asfalto se pueden utilizar pruebas de desprendimiento por fricción, pérdida de estabilidad o bien, cubrimiento por el método inglés; en caso de que las características del pétreo no sean aceptables, se pueden lavar o bien usar un estabilizante para cambiar la tensión superficial de los poros. El tipo y espesor de una carpeta asfáltica se elige de acuerdo con el tránsito que va a transitar por ese camino, tomando en cuenta el siguiente criterio.

Cuadro 3. Tipo y espesor de la carpeta asfáltica según el tránsito diario

Intensidad del tránsito pesado en un solo sentido	Tipo de carpeta
Mayor de 2000 veh/día	Mezcla en planta de 7.5 cm de espesor mínimo
1000 a 2000	Mezcla en planta con un espesor mínimo de 5 cm
500 a 1000	Mezcla en el lugar o planta de 5 cm como mínimo
Menos de 500	Tratamiento superficial simple o múltiple

Fuente: <http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/admin/upload/docTec/Pavimentos.pdf>

2.2.2. Caminos no pavimentados

Las carreteras no pavimentadas con revestimiento granular en sus capas superiores y superficie de rodadura corresponden en general a carreteras de bajo volumen de tránsito, estas carreteras no pavimentadas pueden ser clasificadas como sigue:

- a) Carreteras de tierra constituidas por suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo y finos ligantes.
- b) Carreteras gravosas constituidas por una capa de revestimiento con material natural pétreo sin procesar, seleccionado manualmente o por zarandeo, de tamaño máximo de 75 mm.
- c) Carreteras afirmadas constituidas por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificadas naturalmente o por medios mecánicos (Zarandeo), con una dosificación especificada, compuesta por una combinación apropiada de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo 25mm. Pudiendo ser estos: afirmados con gravas naturales o zarandeadas, o afirmados con gravas homogenizadas mediante chancado.
- d) Carreteras con superficie de rodadura tratada con materiales industriales:

d.1 Afirmados con superficie tratada para el control de polvo, con materiales como: cloruros, aditivos, productos asfálticos (Imprimación reforzada o diferentes tipos de sello asfáltico), cemento, cal u otros estabilizadores químicos.

d.2 Suelos naturales estabilizados con: emulsión asfáltica, cemento, cal, cloruros, geo sintéticos y otros aditivos que mejoren las propiedades del suelo.

Materiales de afirmado

El material a usarse varía según la región y las fuentes locales de agregados, cantera de cerro o de río, también se diferencia si se utilizará como una capa superficial o capa inferior, porque de ello depende el tamaño máximo de los agregados y el porcentaje de material fino o arcilla, cuyo contenido es una característica necesaria en la carretera de afirmado.

El afirmado es una mezcla de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla. Si no existe una buena combinación de estos tres tamaños, el afirmado será pobre. El afirmado requiere de un porcentaje de piedra para soportar las cargas. Así mismo necesita un porcentaje de arena clasificada, según tamaño, para llenar los vacíos entre las piedras y dar estabilidad a la capa y, necesariamente un porcentaje de finos plásticos para cohesionar los materiales de la capa de afirmado.

Existen pocos depósitos naturales de material que tiene una gradación ideal, donde el material sin procesar se puede utilizar directamente por lo que será necesario zarandear el material para obtener la granulometría especificada. En general, los materiales serán agregados naturales procedentes de excedentes de excavaciones o canteras o podrán provenir de la trituración de rocas y gravas o podrán estar constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias.

Es importante indicar que todos los materiales para afirmados no son los mismos, en tal sentido, la calidad del material debe determinarse mediante ensayos.

2.2.2.1. Definición de tratamiento directo y no directo para caminos no pavimentados

2.2.2.1.1. Tratamiento directo

Los tratamientos directos son aquellos que funcionan a través de un mejoramiento de la capa superficial por medio de barridos, reperfilados, escarificados, compactados, etc., que permiten trabajar sobre la calzada sin que influya en el presupuesto el paquete estructural, para que posteriormente se coloque cualquier tipo de capa de rodadura: tratamientos

superficiales, pavimento flexible, pavimento rígido, entre otros. Si el terreno de la capa superficial es bueno, se podrá hacer un tratamiento directo previa evaluación de las características del suelo.

2.2.2.1.2. Tratamiento no directo

Se define como tratamiento no directo aquel en el cual se debe rediseñar todo el paquete estructural incrementando el costo del proyecto, esto sucede cuando la subrasante o la capa superficial tiene malas o pésimas propiedades y condiciones, por lo cual el material debe desecharse y sustituirse por otro de mejor calidad.

2.2.2.2. Alternativas de mejoramiento de caminos no pavimentados

2.2.2.2.1. Riegos

Riegos asfálticos

Los riegos asfálticos son capas rociadas de emulsión asfáltica que aportan vida útil a la superficie pavimentada, impermeabilidad, resistencia al desgaste de la carpeta asfáltica y son útiles en el mantenimiento de pavimentos desgastados o disgregados, entre otros. Estos riegos no requieren utilización de agregados. Comúnmente se efectúa el riego de la emulsión asfáltica empleando un camión cisterna, el cual debe tener una bomba para conseguir un riego uniforme.

Riego de imprimación

Es la aplicación de un ligante o emulsión asfáltica sobre una superficie no bituminosa, con el fin de prepararla para recibir un tratamiento asfáltico. Este riego penetra en la superficie cerrando los poros y otorgándole impermeabilidad, reforzando y endureciendo la superficie tratada. Favorece la adhesión entre la base y la carpeta asfáltica.

Riego de liga

Consiste en la aplicación de una emulsión asfáltica sobre una capa bituminosa, sobre la cual se pondrá otra capa asfáltica. Su principal función es lograr adherencia entre las capas para que éstas trabajen en conjunto y no se presenten deslizamientos que afecten al pavimento. Es importante que el riego de liga sea delgado para lograr la unión adecuada entre las capas. Un exceso de riego podría provocar la exudación del asfalto a través de la capa superior.

El tiempo aproximado de espera para colocar la siguiente capa asfáltica es de 30 minutos después de distribuida la emulsión.

Riego en negro

Corresponde a la aplicación de una emulsión asfáltica sobre pavimentos, nuevos o antiguos. En el primer caso se utiliza para sellar huecos superficiales, y en el caso de pavimentos antiguos es ideal para rejuvenecerlos cerrando huecos y pequeñas grietas superficiales. Es recomendado para pavimentos expuestos a tránsito ligero.

Riego anti polvo

Corresponde a la aplicación de una emulsión asfáltica sobre una superficie que no ha sido tratada. Su función principal es eliminar el polvo provocado por el tránsito vehicular. Se utiliza principalmente en caminos de tierra para cohesionar el material suelto.

Riego de curado

Corresponde a la aplicación de una emulsión asfáltica sobre una capa estabilizada con cemento. Tiene como objetivo retardar la evaporación del agua de la mezcla, facilitando el fraguado y evitando la formación de fisuras.

Riego de sellado

Consiste en la aplicación de una emulsión asfáltica sobre una superficie asfáltica, seguida de una distribución de arena, agregado fino o polvo de trituración. Su función es impermeabilizar la carpeta asfáltica, protegiéndola de las condiciones climáticas y de tránsito.

2.2.2.2.2. Tratamientos superficiales**Tratamiento superficial simple y doble tratamiento superficial**

Los tratamientos superficiales consisten en aplicaciones de riego asfáltico alternado con agregados pétreos colocada sobre una capa granular imprimada. Según el número de aplicaciones adoptan el nombre de tratamiento superficial simple (Una aplicación) o doble tratamiento superficial (Dos aplicaciones).

Este tipo de solución se destaca por su bajo costo con respecto a un pavimento tradicional, fácil aplicación, buena impermeabilización de la base y por su buen desempeño frente a varias adversidades climáticas y bajos volúmenes de tránsito (Menores a 500 vehículos diarios).

Los ligantes asfálticos utilizados son los cementos asfálticos de baja viscosidad, las emulsiones asfálticas y algunos productos comerciales mejorados en sus características, como la adherencia o trabajabilidad.

Dosificación: Las cantidades de asfalto y agregados pétreos se resumen en el cuadro 4.

Cuadro 4. Dosificación típica de cemento asfáltico y agregado pétreo

Tipo de tratamiento	Asfalto (lt/m ²)	Agregado pétreo (kg/m ²)
T.S.S.	0,5 – 0.7	5 - 8
T.S.D.	1.0 – 1.4	16 - 24

Fuente. “Comportamiento de las soluciones básicas de carpetas de rodadura aplicadas a caminos de bajo tránsito” / Universidad de Chile

Carpeta mezcla asfáltica

La carpeta asfáltica es la parte superior de un pavimento flexible que proporciona la superficie de rodadura. Es elaborada con material pétreo seleccionado y un ligante asfáltico.

Las principales características que debe cumplir el material pétreo son las siguientes:

- Granulometría de tamaño máximo menor de una pulgada y bien graduada.
- Deber tener cierta dureza para lo cual se le efectuarán los ensayos de desgaste los ángeles, densidad y durabilidad.
- La forma de la partícula deberá ser lo más cúbica posible, no usar material en forma de laja o aguja pues se rompen con facilidad alterando la granulometría y pudiendo provocar fallas en la carpeta.

Se efectuarán pruebas de equivalente de arena ya que los materiales finos en determinados porcentajes no resultan adecuados. En las mezclas asfálticas, es de gran importancia definir la cantidad de asfalto por emplearse, para obtener un contenido óptimo, ya que en una mezcla este elemento forma una membrana alrededor de las partículas de un espesor tal que sea suficiente para resistir los efectos del tránsito y adversidades climáticas, pero no debe resultar muy gruesa ya que además de resultar antieconómica puede provocar una pérdida de la estabilidad en la carpeta. Además, este exceso de asfalto puede hacer resbalosa la superficie, para calcular este óptimo se tienen las pruebas de compresión simple para mezclas en frío, la prueba Marshall para muestras en caliente.

Imprimación reforzada

La imprimación reforzada consiste en la aplicación de una imprimación asfáltica sobre una superficie de material granular, seguida de un riego de ligante que puede ser del tipo asfalto cortado de baja viscosidad o emulsión (de quiebre rápido), para luego aplicar una capa de arena uniformemente distribuida.

El proceso finaliza con una compactación con rodillo neumático. Las imprimaciones reforzadas tienen vida de diseño de 2 a 3 años. Para asegurar la buena calidad de la imprimación y mantener bajos costos, es necesario contar con maquinaria mínima y permanentemente operativa, contar con personal capacitado y que la calidad de los materiales y los procesos constructivos sean los recomendados.

Materiales

Asfalto: para imprimir, se utiliza asfaltos cortados de curado medio de distintos grados (MC-30 o MC-70), dependiendo de la textura y humedad de la superficie a tratar, y de la temperatura del medio ambiente.

También existe la posibilidad de utilizar emulsiones imprimante, las que previo a su uso deben hacerse canchas de prueba para verificar su comportamiento, especialmente en lo que respecta a la dosis necesaria para obtener la penetración requerida, del ligante en el suelo basal. Los asfaltos no deben calentarse por encima de la temperatura de inflamación, siendo las temperaturas para las emulsiones asfálticas imprimantes entre 50 y 170 °C.

Arena: las arenas utilizadas en una imprimación reforzada deben ser de buena calidad, y estar libre de impurezas y materias orgánicas. Éstas deben cumplir con la granulometría indicada a continuación.

Cuadro 5. Banda granulométrica y requisitos para arenas.

Tamices		% en peso que pasa	Ensayo	Requisito	Método
mm	ASTM				
10	3/8"	100	Desintegración en sulfato de sodio	Max. 12%	LNV 74
5	Nº 4	85 – 100			
0,08	Nº 200	0 – 5			
			Adherencia método estático	Min. 95 %	LNV 9

Fuente. “Comportamiento de las soluciones básicas de carpetas de rodadura aplicadas a caminos de bajo tránsito” / Universidad de Chile

Lechada asfáltica

Este tipo de tratamiento consiste en un recubrimiento asfáltico delgado de 3 a 10 milímetros de espesor mezclado con arena, relleno mineral (Filler) si es necesario, agua y emulsión de quiebre lento.

La lechada asfáltica se caracteriza por tener una instalación económica y de alto rendimiento, rápida abertura al tránsito, superficie impermeabilizada, propiedades

antideslizantes, color y textura uniforme. La dosis de agua y emulsión deben ser tales que formen una lechada de consistencia cremosa y homogénea, la cual es aplicada sobre una capa granular imprimada. También se usan para sellar pavimentos o tratamientos que presentan fisuras.

Materiales

Emulsión: Esta debe de ser de quiebre lento de los tipos CSS-1, CSS-1h o SS-1h. También puede utilizarse emulsiones elastoméricas.

Áridos: El árido a utilizar debe estar libre de materia orgánica, arcilla y materias extrañas, deben ser durables, angulares y bien graduados, provenientes de la trituración de roca o de mezcla con arena natural, sin que esta supere el 15 %.

Agua: Se puede utilizar cualquier agua disponible cercana a la obra, libre de impurezas.

Aditivos: existen dos tipos, líquidos y secos. Los aditivos líquidos aumentan la trabajabilidad de las lechadas, el rendimiento y aceleran o retardan el quiebre de la emulsión.

Los aditivos secos son en general finos, de reacción hidráulica, como el cemento, el cual acelera la maduración de la lechada para su puesta en servicio.

Filler: Este cumple la función de relleno granulométrico, evita la segregación de la mezcla y controla el quiebre de la lechada.

El filler puede ser cemento hidráulico, cal u otro material inerte de origen calizo.

Otta Seal

Corresponde a un sello asfáltico utilizado para proteger una capa granular y consiste en la aplicación de una película gruesa de ligante blando (Cemento asfáltico CA 150 – 200, en caliente) recubierta con una capa de agregado pétreo de graduación continua uniformemente distribuida. Puede ser aplicado en una o dos capas.

Cuadro 6. Tipos de cementos asfálticos aplicados para el Otta Seal.

TMDA	Tipo de cemento asfáltico		
	Suelo grueso	Suelo medio	Suelo fino
>1000	No aplicable	CA 150 - 200	MC - 3000 MC - 800
100 – 1000	CA 150 - 200	CA 150 - 200	MC - 3000 MC - 800
< 100	CA 150 - 200	MC - 3000	MC - 800

Fuente. “Comportamiento de las soluciones básicas de carpetas de rodadura aplicadas a caminos de bajo tránsito” / Universidad de Chile

La aplicación y método constructivo para proteger la capa granular con Otta Seal se resume en los siguientes puntos:

- Preparación del terreno para la aplicación del cemento asfáltico. Por lo general no es necesario ya que la capa de protección de la carpeta de rodadura es aplicada sobre la superficie existente.
- Aplicación del cemento asfáltico mediante camiones regadores sobre la superficie. El tipo de cemento asfáltico depende de la granulometría del agregado pétreo y el tránsito que pasa por el camino. Por lo general se usa del tipo CA 150-200, para el caso de los caminos de bajo tránsito del país.
- Colocación del agregado pétreo, este procedimiento puede ser ejecutado por un esparcidor mecánico o de forma manual.
- Compactación mediante la apertura del tráfico. La compactación mediante el tráfico es esencial para alcanzar un nivel de maduración y funcionalidad óptima del Otta Seal. En el proceso de maduración de las superficies tratadas con Otta Seal no se aprecian efectos inmediatos. Después de la construcción, la apariencia de la superficie tratada es muy similar a un camino de grava, luego de 2 a 3 semanas se puede observar menor cantidad de agregado pétreo suelto sobre la superficie del camino. Al cabo de seis meses la carpeta de rodadura alcanza una apariencia final muy parecida a la de los caminos tratado con mezcla asfáltica, aunque de superficies menos regular.

Cape Seal

Este tratamiento aplicado a la carpeta de rodadura consiste en un recubrimiento asfáltico que corresponde a un tratamiento superficial asfáltico simple con tamaño máximo 3/4", vertido sobre la base granular sellada con un imprimante, luego se aplica una segunda capa que corresponde a una lechada asfáltica o micro pavimento, de granulometría con tamaño máximo 3/8", con el objetivo de suavizar la superficie de rodadura. La superposición del sello con lechada sobre el tratamiento genera una superficie de rodadura con menos rugosidad que un tratamiento superficial simple o doble.

Materiales

Áridos primera capa: Los áridos de la primera capa deben cumplir que el material chancado tenga un mínimo de 70%, el índice de lajas sea menor al 10%, la adherencia

método elástico tenga como mínimo un 95%, el desgaste de los ángeles sea menor al 35% y la desintegración con sulfato de sodio sea menor al 12%.

Áridos para lechada asfáltica: Estos áridos deben cumplir que el equivalente arena no sea menor que el 45%, que la adherencia Riedel-Weber esté en un rango de 0 y 5, que el desgaste de los ángeles no supere el 35%, que el índice de trituración total no sea mayor al 3,5% y que la adherencia por método elástico tenga un mínimo de 95%.

Áridos para micro pavimentos: Los requisitos son similares a los de la lechada asfáltica con la diferencia que las partículas chancadas deben ser el 100%, el equivalente de arena sea 65% como mínimo y que contengan como máximo un 15% de sulfatos de sodio y un 25% de sulfato de magnesio.

Fito Soil

El producto Fito Soil es un aceite estabilizante formulado en base a macromoléculas de origen vegetal, que aplicado sobre terrenos naturales permite controlar la emisión de partículas de polvo y/o alcanzar una estabilización química, mejorando las características estructurales del terreno. Asimismo, el desgaste de la calzada y remoción de partículas por efecto de las lluvias, fenómeno comúnmente conocido como erosión, puede ser controlado a través de la aplicación de Fito Soil. La constitución química del producto es una mezcla activa de resinas vegetales, lo que no provoca impactos en el medio ambiente. El producto es de color café oscuro, olor dulce, se aplica en frío y diluido en agua en dosis que se definen en conformidad a las características granulométricas y capacidad de soporte del suelo, sollicitación de tránsito y vida útil que se desea dar al camino.

Metodología

- La superficie a estabilizar, deberá estar libre de escombros, basuras, raíces y agregado pétreo de tamaño superior a 2”.
- De preferencia se realizará un perfilado con métodos mecánicos que permitan nivelar la superficie de rodadura y/o terreno.
- En la eventualidad de estar en presencia de baches se recomienda utilizar material de recebo y compactar mediante rodillo.
- Una vez compactada la carpeta de rodadura y previa humectación de ésta, se definirá las diluciones del producto para el tratamiento de control de polvo.

- La aplicación del producto, se realiza mediante riego por aspersión a presión, a una distancia del piso cercana a los 50 centímetros.
- El riego se realiza transitando un camión del tipo aljibe.
- En zonas de difícil acceso, como laderas, taludes, plataformas sin acceso a vehículos, se utilizarán aspersores manuales alimentados por sistemas a presión.
- La dilución y dosis a aplicar queda dada por las características granulométricas y nivel de compactación, sollicitación mecánica y vida útil que se desea dar al tratamiento.
- Es importante hacer notar que riegos periódicos y sistemáticos de diluciones de baja concentración, con posterioridad a la aplicación base, mantendrá la eficiencia del producto por un largo período.
- En el caso de tratar un terreno suelto o con baja compactación, éste se compactará con rodillo de 10 toneladas mínimo de peso estático.
- Posteriormente a la compactación y previo a la aplicación del producto, se realizará un riego con agua pura a una tasa de 0,50 a 0,80 litros por metro cuadrado.

Cloruro de magnesio (Bischofita)

La bischofita es una sal constituida básicamente por cristales de cloruro de magnesio hexahidratado, y se produce a través de la evaporación solar de salmueras extraídas de depósitos del subsuelo del salares.

La bischofita es una sal altamente higroscópica. Tiene la propiedad de retener o exhalar la humedad según las condiciones medioambientales y es del tipo deliquescente, es decir, cuenta con la propiedad de atraer la humedad del ambiente y licuarse lentamente.

Logra mejorar sustantivamente las capas de rodadura, reduce las calaminas, el polvo y las deformaciones, por lo tanto, reduce la conservación rutinaria al mínimo.

Dosificación

La dosis recomendada según literatura y especialistas, oscila entre un 3% y 7% de bischofita referida al peso seco del agregado. Lo anterior asumiendo un peso seco del agregado del orden de 2.200 kilogramos por metros cúbicos, debiera corresponderse con 66 a 154 kilogramos por metros cúbicos de material compacto, asumiendo una densidad igual a 1 kilogramo por litro para la bischofita.

De acuerdo a la literatura consultada, existe una relación directa entre la cantidad a aplicar de bischofita y el índice de plasticidad del suelo. Lo anterior debe entenderse como una primera aproximación al problema de la dosificación con dicho aditivo.

Cloruro de sodio

El cloruro de sodio es una sal que se presenta en forma de cristales y en gran abundancia sobre la corteza terrestre, fácilmente soluble en agua, con un alto poder higroscópico. En el mercado se presenta constituyendo grandes cristales o polvo fino de diferente grado de pureza. Este material permite la estabilización de suelos de manera natural, mediante un proceso en el cual se adiciona controladamente sal y agua a la base de suelo.

El cloruro de sodio mezclado con materiales limo-arcillosos produce una acción cementante, lo que hace aumentar la capacidad de soporte, cohesión e impermeabilización del suelo, evitando la formación de ahuellamientos, calaminas, polvo en suspensión y desprendimiento de material granular.

La utilización de este producto como estabilizante de caminos es de bajo costo, no necesita equipo especial. Además, se puede utilizar los materiales de la zona, de manera de mejorar las propiedades físicas, evitando el transporte de materiales. El cloruro de sodio actúa sobre las partículas finas de los suelos, cohesionándolos y cementándolos de forma de que el material granular no se disgregue. Además, reduce el punto de congelación y disminuye la deformación por heladas. Su aplicación se recomienda en zonas de bajas precipitaciones (Lluvias anuales inferiores a 300 milímetros).

Cloruro de calcio

El cloruro de calcio se obtiene como un subproducto en forma de salmuera en algunos procesos industriales, aunque también se puede obtener de algunos arroyos y pozos naturales, siendo la fuente más común el obtenido en la elaboración de carbonato de sodio mediante procedimientos químicos. Este producto es utilizado como estabilizante, proviene de residuos industriales.

La solubilidad del cloruro de calcio es de 69 gramos aproximadamente por cada 100 cm³. de agua destilada a 0°C o de 159 gramos aproximadamente, por cada 100 cm³. de agua destilada a 100°C.

El cloruro de calcio ayuda a mantener constante la humedad en un suelo, pero desafortunadamente esta sal es fácilmente lavable. Reduce la evaporación y es capaz de

absorber hasta 10 veces su propio peso cuando las condiciones de humedad son altas en el medio ambiente, pudiéndose mantener dicha humedad en sus dos terceras partes durante un día de calor seco, lo que hace que esta sal sea un producto muy eficaz cuando se trata de evitar la formación de polvo.

Dosificación

No existe mucha información en la literatura referida al aditivo cloruro de calcio. No obstante, se han encontrado valores de incorporación de aditivos que fluctúan entre 0,5% a 4% por peso seco de agregado.

Si se tiene en consideración que el cloruro de calcio debe ser diluido en agua en proporciones recomendadas de un 60% en peso, se puede llegar a establecer que bajo dicha dilución las dosis recomendadas debieran encontrarse aproximadamente entre 0,18 y 1,5 litros por metros cuadrados y centímetro de espesor de capa.

Proes

Es un estabilizador de suelos que actúa por ionización, ordenación y aglomeración de sus partículas, lo que aumenta su impermeabilidad, aislando el suelo tratado, e incrementando la capacidad de soporte. Este producto está compuesto de derivados sulfonados de hidrocarburos bituminosos y sulfatos. La tecnología Proes más una cantidad mínima de aditivo sólido, ha permitido llevar el C.B.R. de un suelo estructuralmente débil, desde valores menores a 10% a valores cercanos a 100%. En suelos granulares con elevado C.B.R., además de incrementar la capacidad de soporte, se obtiene una gran cohesión superficial que permite entregar una solución óptima de carpeta de rodado, en que se elimina la fuente de emisión de polvo fugitivo.

Su aplicación requiere una dosificación previa, para lo cual es necesario estudiar el suelo a tratar y determinar la dosis de Proes y de aditivo sólido; se realiza mediante dilución en el agua de amasado. Dentro de la dosificación promedio se puede decir que para estabilizar un metro cúbico de suelo se necesita unos 200 cm³ de Proes, esto equivale a 6.667 metros cuadrados de superficie tratada con un espesor de 15 cm. Según la bibliografía consultada las dosificaciones del aditivo sólido varía entre 1,5% a 3,5% en peso del material a estabilizar.

La aplicación y método constructivo de la estabilización con este producto se resume en los siguientes puntos:

- Soltar espesor de suelo a tratar (Motoniveladora), o suministrar el material de suelo a tratar.
- Pulverizar y homogeneizar el suelo (Motoniveladora o disco de rastra).
- Acordonar y dejar una sección uniforme del suelo a tratar.
- Agregar aditivo sólido en la proporción dosificada en el cordón de suelo.
- Revolver desarrollando premezclado entre el suelo (Con humedad natural) y el aditivo sólido (Motoniveladora).
- Diluir la dosis de Proes en agua en un camión aljibe en un volumen máximo determinado por el diferencial entre la humedad óptima y la humedad natural del suelo.
- Aplicar el Proes diluido en agua al material a estabilizar, mediante riego con camión aljibe y al mismo tiempo desarrollar la revoltura con motoniveladora del suelo y Proes
- Una vez revuelto homogéneamente el suelo con Proes, aditivo y agua, extender el material tratado en la plataforma de camino en construcción (Motoniveladora).
- Compactar con rodillo liso vibratorio o “Pata de cabra” (Suelos finos plásticos).
- Riego superficial de agua con compactación si se proyecta sellar la superficie para carpeta de rodado.

Capas de Protección CAPRO

Las CAPROS son recubrimientos para caminos de carpeta granular en base a emulsiones asfálticas, las que tienen por objetivo proteger la estructura de las deformaciones.

Técnicamente la solución se refiere a un tratamiento superficial simple al que se adiciona gravilla o arena gruesa sobre un riego con emulsión.

2.2.2.3. Evaluación superficial – método (URCI), índice de condición de vías sin capa de rodadura

2.2.2.3.1. Generalidades

El procedimiento para la obtención del índice de condición de vías sin capa de rodadura (URCI) fue desarrollado por laboratorio de investigación e ingeniería del ejército de los estados unidos gracias a la financiación de la administración federal de carreteras (FHWA).

En este método, una vía sin capa de rodadura corresponde a aquella sin concreto asfáltico, concreto de cemento Portland o tratamiento superficial.

2.2.2.3.2. Procedimiento de evaluación

Se dividió el tramo de la vía sin capa de rodadura cada kilómetro por medio de estacas, así mismo se procedió a identificar secciones tanto buenas como malas dentro de cada kilómetro llamándolas unidades de inspección o unidades de muestreo.

La unidad de inspección es el área de vía para evaluación y calificación del URCI.

Se determina el número de unidades de inspección para la evaluación, en este caso son 13 unidades de inspección, una por kilómetro.

Se hace la inspección de la condición superficial mediante la metodología URCI.

Se calcula el URCI de cada unidad de inspección y se preparan reportes para cada sección de la red vial.

2.2.2.3.3. Inspección de la condición superficial

Equipo

Cinta métrica

Regla y flexómetro para medir la profundidad de desniveles.

Manual de daños con suficientes formatos de campo.

Procedimiento

Se realizan dos tipos de inspección:

Inspección desde el vehículo: Se hace conduciendo a lo largo de toda la vía a una velocidad de 40 km/h. Durante esta inspección se identifican las zonas más problemáticas del tramo para lograr ubicar la unidad de muestreo final.

Inspección detallada de las unidades: Dentro de la unidad de muestreo se identifican todos los daños existentes y se miden tanto en unidades de área como en metros lineales, así como número de baches, polvo, etc.

2.2.2.3.4. Manual de daños en vías sin capa de rodadura

El método incluye siete daños.

En el siguiente cuadro se presenta su nombre original en inglés, la traducción propuesta en español y la causa principal de ocurrencia.

Cuadro 7. Daños en vías sin carpeta de rodadura

No.	Distress name	Nombre del daño	Causa
81	Improper Cross Section	Sección transversal inadecuada	Otra
82	Inadequate Roadside Drainage	Drenaje lateral inadecuado	Otra
83	Corrugations	Corrugaciones	Carga
84	Dust	Polvo	Carga
85	Potholes	Huecos	Carga
86	Ruts	Huellas	Carga
87	Loose Aggregate	Agregado suelto	Carga

Fuente. TM 5 – 626 Unsurface road maintenance management (Departamento of the army)

81. Sección transversal inadecuada.

Descripción

La corona de una vía sin capa de rodadura debe tener una pendiente adecuada desde el eje hasta las bermas con el fin de drenar el agua de la superficie de la misma.

En las curvas no se requiere la corona, pues se cuenta con el peralte de la sección. Se considera que la sección transversal es inadecuada cuando la superficie de la vía no está conformada, o no ha sido mantenida de tal forma que el agua se dirija hacia las cunetas.

Niveles de severidad

En el nivel de severidad bajo (L)

Se observan pequeñas cantidades de agua empozada en la superficie de la vía o evidencia de la misma.

La superficie de la vía es completamente plana (No pendiente transversal).

En el nivel de severidad medio (M)

Se observan cantidades moderadas de agua empozada en la superficie de la vía o evidencia de la misma.

La superficie de la vía tiene forma de tazón.

En el nivel de severidad alto (H)

Se observan cantidades importantes de agua empozada sobre la superficie de la vía o evidencia de la misma.

La superficie de la vía contiene depresiones graves.

Medida

La sección transversal inadecuada se mide en metros lineales por unidad de inspección. La medida se hace sobre el eje de la vía o paralela al mismo.

La sección transversal está comprendida entre los bordes de las bermas a cada lado de la vía. En una unidad de inspección se pueden encontrar diferentes niveles de severidad, por ejemplo, pueden existir 18 metros de severidad media y 12 metros de severidad baja.

La longitud máxima del daño no puede superar la longitud total de la unidad de inspección.

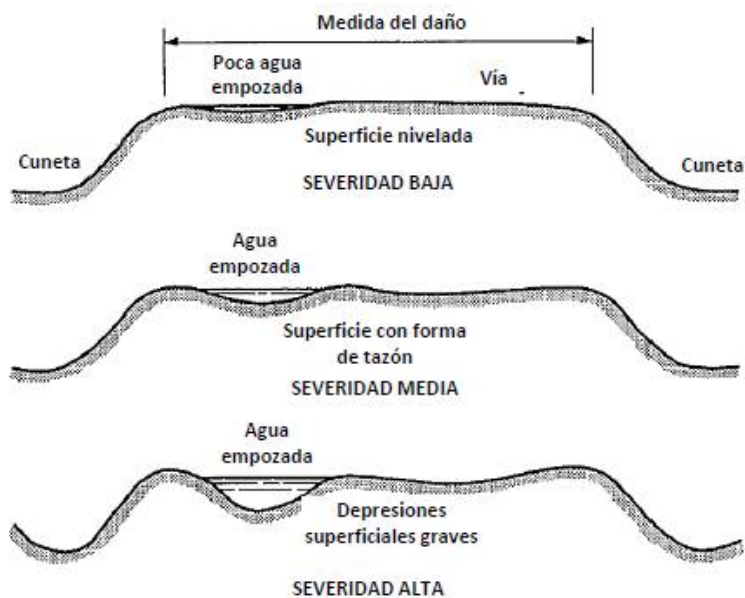
Opciones de reparación

L = Renivelación únicamente.

M = Renivelación únicamente. Renivelación, adición de material (Agua y/o agregado) y compactación. Reconstruya el peralte de las curvas. Ajuste las transiciones.

H = Excave hasta la base, añada agregado, conforme, humecte y compacte.

Figura 2.7. Sección transversal inadecuada



Fuente. TM 5 – 626 Unsurface road maintenance management (Departamento of the army)

82. Drenaje lateral inadecuado

Descripción

Un mal drenaje permite la acumulación del agua. El Drenaje se convierte en un problema cuando las cunetas y las alcantarillas no se encuentran en una condición adecuada para conducir el agua de escorrentía debido a una configuración o un mantenimiento inadecuados.

Niveles de severidad

En el nivel de severidad bajo (L)

Existen pequeñas cantidades de agua empozada en las cunetas o evidencia de la misma.

Incremento excesivo de detritos en las cunetas.

En el nivel de severidad medio (M)

Existen cantidades moderadas de agua empozada en las cunetas o evidencia de la misma.

Incremento excesivo de detritos en las cunetas.

Erosión de las cunetas hacia el interior de las bermas o la calzada.

En el nivel de severidad alto (H)

Existen cantidades significativas de agua empozada en las cunetas o evidencia de la misma.

Agua corriente a través de o en la vía.

Incremento excesivo de detritos en las cunetas.

Erosión de las cunetas hacia el interior de las bermas o la calzada.

Medida

Los problemas de drenaje se miden en metros lineales por unidad de inspección y de forma paralela al eje de la misma.

La longitud máxima del daño puede ser dos veces la longitud de la unidad de inspección (Dos cunetas por la longitud total de la unidad).

Por ejemplo, una unidad de inspección de 40 metros de longitud puede tener 36 metros del daño con severidad baja y 10.5 metros con severidad alta.

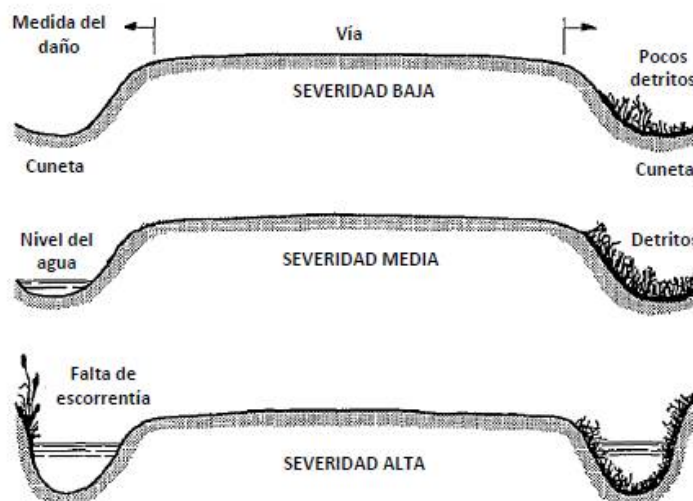
Opciones de reparación

L = Limpie las cunetas con periodicidad anual.

M = Limpie las alcantarillas. Conforme, construya, compacte o amplíe las cunetas.

H = Instale drenes subsuperficiales, amplíe las alcantarillas, recubra las cunetas con rip – rap o geotextiles.

Figura 2.8. Drenaje lateral inadecuado



Fuente. TM 5 – 626 Unsurface road maintenance management (Departamento of the army, 1995)

83. Corrugaciones

Descripción

Las corrugaciones (También conocidas como ondulaciones) son crestas y valles con poco espaciamiento entre ellas y se presentan en intervalos regulares.

Las crestas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño suele ser causado por el tránsito y agregado suelto. Usualmente, las crestas se forman en colinas, en curvas, en áreas de aceleración o desaceleración o en zonas donde la vía es de poca resistencia o tiene Huecos.

Niveles de severidad

L = Las corrugaciones tienen menos de 25 mm de profundidad.

M = Las corrugaciones tienen entre 25 y 75 mm de profundidad.

H = Las corrugaciones tienen más de 75 mm de profundidad.

Medida

Las corrugaciones se miden en metros cuadrados de área superficial afectada en la unidad de inspección. El área del daño no debe exceder el área total de la unidad de inspección. Por ejemplo, una unidad de inspección puede tener 21 m² con severidad media y 4.6 m² de severidad alta.

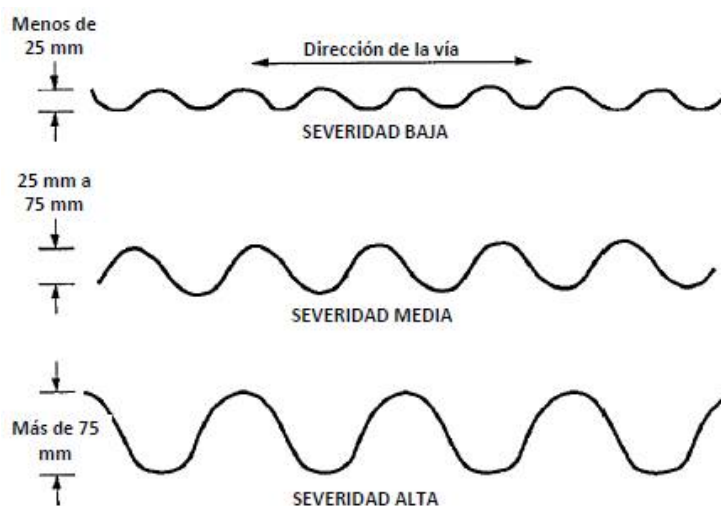
Opciones de reparación

L = Renivelación únicamente.

M = Renivelación únicamente. Renivelación, adición de material (Agua y/o agregado) y compactación.

H = Excave hasta la base, añada agregado, conforme, humecte y compacte.

Figura 2.9. Corrugaciones



Fuente. TM 5 – 626 Unsurface road maintenance management (Departamento of the army, 1995)

84. Polvo

Descripción

Eventualmente, el desgaste causado por el tránsito sobre las vías sin capa de rodadura aflojará las partículas gruesas de la matriz de suelo fino. A medida que pasa el tránsito, las nubes de polvo crean un riesgo para los vehículos subsiguientes o en maniobra de adelantamiento, y puede causar problemas ambientales importantes.

Niveles de severidad

L = El tránsito normal produce un polvo fino que no obstruye la visibilidad.

M = El tránsito normal produce una nube de polvo moderadamente espesa que obstruye parcialmente la visibilidad y causa que el tránsito reduzca su velocidad.

H = El tránsito normal produce una nube muy espesa que obstruye severamente la visibilidad y causa que el tránsito reduzca su velocidad de forma importante o incluso se detenga.

Medida

Conduzca un vehículo a 40 kilómetros por hora y observe la nube de polvo generada. El polvo se mide como de severidad baja, media o alta para la unidad de inspección.

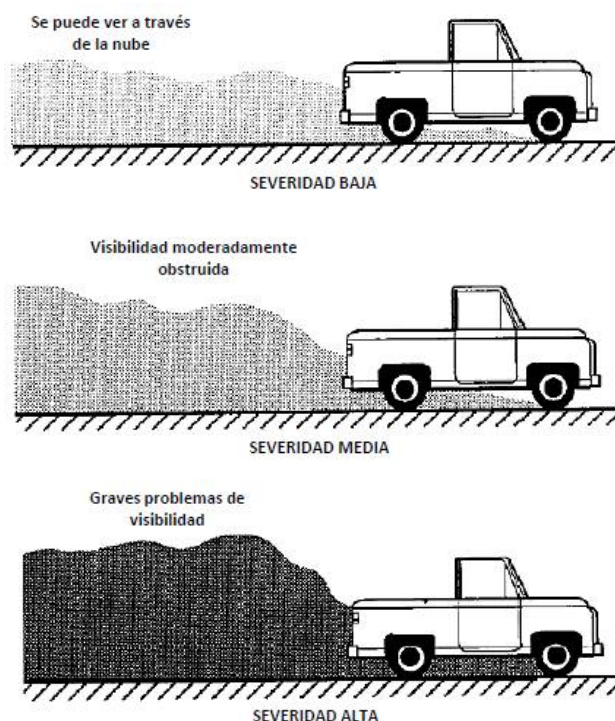
Opciones de reparación

L = Aplique agua.

M = Aplique un agente estabilizante.

H = Incremente el uso del agente estabilizante. Excave hasta la base, añada estabilizante, agua y compacte. Excave hasta la base, añada agregado y estabilizante, conforme, humecte y compacte.

Figura 2.10. Polvo



Fuente. TM 5 – 626 Unsurface road maintenance management (Departamento of the army, 1995)

85. Huecos

Descripción

Los huecos son depresiones de la superficie de la vía con forma de tazón. Suelen tener un diámetro menor que 1,000 mm y se producen cuando el tránsito arranca pequeños pedazos de la superficie de la vía. El tamaño de los huecos aumenta rápidamente cuando se acumula agua dentro de los mismos. La vía continúa desintegrándose debido a la pérdida de material de la superficie o a la existencia de puntos débiles en los suelos subyacentes.

Niveles de severidad

Los niveles de severidad de los huecos se basan en el diámetro y la profundidad de los mismos de acuerdo con el siguiente cuadro:

Cuadro 8. Niveles de severidad para huecos o baches

Profundidad máxima	Diámetro promedio			
	Menos de 300 mm	300 mm a 600 mm	Más de 600 mm a 1000 mm	Más de 1000 mm
13 mm – 50 mm	L	L	M	M
>50 mm – 100 mm	L	M	H	H
>100 mm	M	H	H	H

Fuente. TM 5 – 626 Unsurface road maintenance management (Departamento of the army, 1995)

Si el hueco tiene un diámetro mayor que 1,000 mm, se debe medir su área en metros cuadrados y dividirla entre 0,79 m² para hallar en número de huecos equivalentes.

Medida

Los Huecos se miden contando el número de aquellos que son de severidades baja, media y alta dentro de la unidad de inspección y registrándolos de forma independiente.

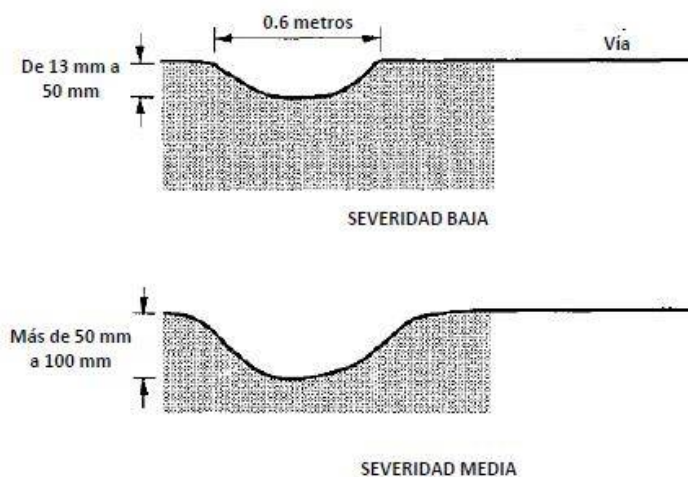
Por ejemplo, pueden encontrarse 14 huecos de severidad media y 8 huecos de severidad baja en una unidad.

Opciones de reparación

L = Renivelación únicamente.

M = Renivelación únicamente. Renivelación, adición de material (Agua, agregado o una mezcla 50/50 de cloruro de calcio y grava triturada) y compactación.

H = Excave hasta la base, añada agregado, conforme, humecte y compacte.

Figura 2.11. Baches



Fuente. TM 5 – 626 Unsurface road maintenance management (Departamento of the army, 1995)

86. Huellas

Descripción

Una huella es una depresión superficial en la trayectoria de las ruedas y paralela al eje de la vía. Las huellas son causadas por la deformación permanente de cualquiera de las capas de la vía o de la subrasante. Las huellas son el resultado de las cargas de tránsito, especialmente si la vía es muy deformable. Un ahuellamiento significativo puede destruir la vía por completo.

Niveles de severidad

L = Las huellas tienen menos de 25 mm de profundidad.

M = Las huellas tienen entre 25 y 75 mm de profundidad.

H = Las huellas tienen más de 75 mm de profundidad.

Medida

Las huellas se miden en metros cuadrados de área superficial afectada en la unidad de inspección. Por ejemplo, una unidad podría presentar 7 m² de severidad alta y 23 m² de severidad media.

Opciones de reparación

L = Renivelación únicamente.

M = Renivelación únicamente. Renivelación, adición de material y compactación.

H = Excave hasta la base, añada agregado, conforme, humecte y compacte.

Figura 2.12. Huellas





Fuente. TM 5 – 626 Unsurface road maintenance management (Departamento of the army, 1995)

87. Agregado suelto

Descripción

Eventualmente, el desgaste del tránsito en vías sin capa de rodadura aflojará las partículas grandes de agregado de la matriz de suelo fino.

Esto lleva a la pérdida de partículas de agregado en la superficie de la vía o la berma. El tránsito retira las partículas de su posición normal bajo la trayectoria de las llantas y forma cordones en el centro o a lo largo de las bermas (Las áreas menos transitadas).

Niveles de severidad

L = Se observa agregado suelto en la superficie de la vía o un cordón de agregado de menos de 50 mm de espesor sobre la berma u otra área poco transitada.

M = Se observa un cordón moderado de agregado, de entre 50mm y 100 mm de espesor, sobre la berma u otra área poco transitada.

H = Se observa un cordón grande de agregado, de más de 100 mm de espesor, sobre la berma u otra área poco transitada.

Medida

El agregado suelto se mide en metros lineales y de forma paralela al eje de la unidad de inspección. Cada cordón se mide de forma separada. Por ejemplo, una unidad de inspección de 30 metros de longitud tiene tres bermas de agregado suelto de severidad media, una en cada lado y una en el centro, por lo cual la medida será de 90 metros de severidad media.

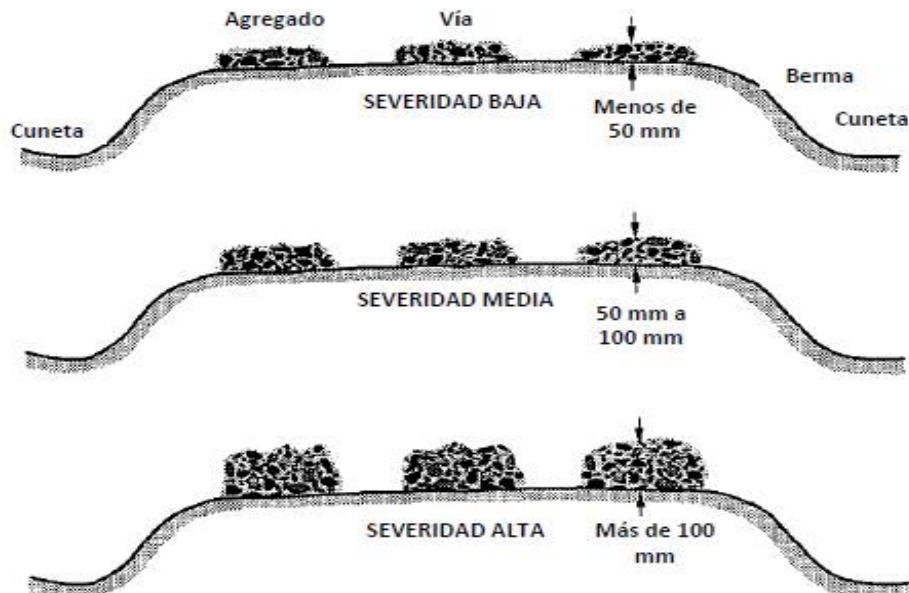
Opciones de reparación.

L = Renivelación únicamente.

M = Renivelación únicamente. Renivelación, adición de material y compactación.

H = Excave hasta la base, añada agregado, conforme, humecte y compacte.

Figura 2.13. Agregado suelto



Fuente. TM 5 – 626 Unsurface road maintenance management (Departamento of the army, 1995)

2.2.2.3.5. Cálculo del URCI para una unidad de inspección

General

Las mediciones de falla son utilizadas para calcular el índice de condición de carretera no pavimentada (URCI), basado en valores deducibles.

Un valor deducible es un número desde 0 hasta 100, con 0 que significa que la falla no tiene impacto en la condición de la carretera y 100 que significa que la carretera falló completamente.

Calculando el URCI de la unidad de muestra

Este cálculo es realizado en cuatro pasos.

PASO1. Calcular la densidad para cada tipo de falla (Excepto para polvo).

$$Densidad = \frac{Cantidad\ de\ falla}{Área\ de\ unidad\ de\ muestra} \times 100\%$$

PASO 2. Utilizando las curvas de valor deducible, encontrar los valores deducibles para cada tipo de falla y nivel de severidad.

PASO 3. Encontrar el Valor Deducible Total (TDV) y el valor q.

Calcular el TDV sumando todos los valores deducibles. El valor q es el número de valores deducibles individuales mayores de 5.0.

Ejemplo:

$TDV = 13 + 29 + 4 + 18 = 64$ (el cual es el mismo en unidades inglesas o métricas)

El valor q es 3 porque tres valores deducibles son mayores de 5.0.

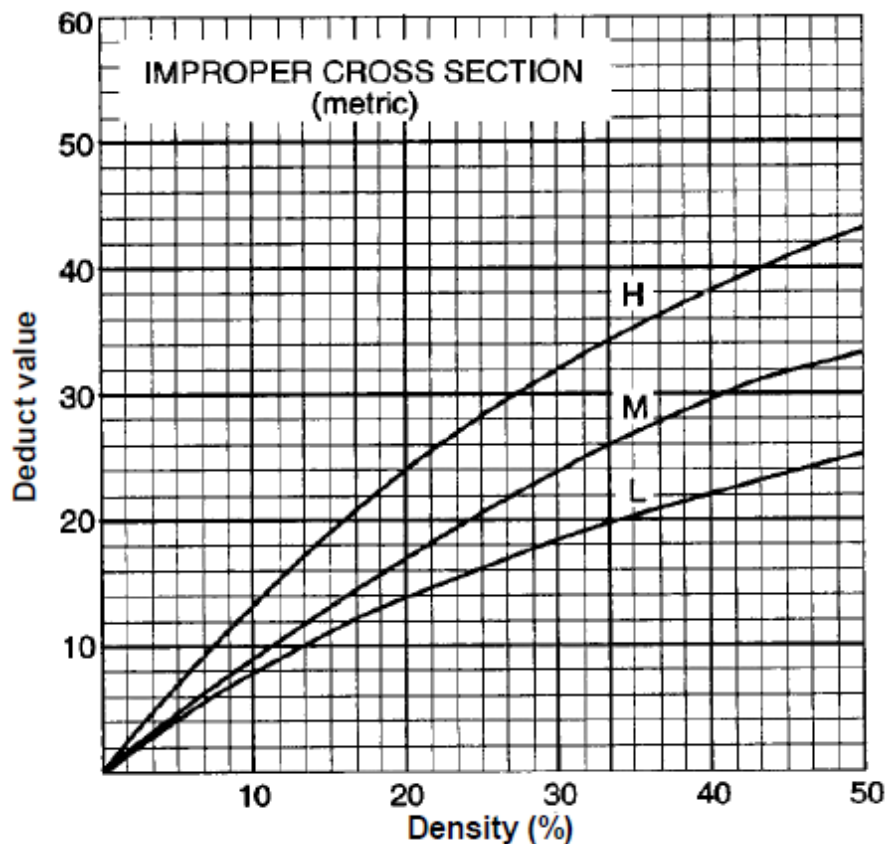
PASO 4. Encontrar el índice de condición de carretera no pavimentada (URCI) desde una curva URCI. (NOTA: Valores URCI ligeramente mayores pueden resultar de cálculos manuales.)

Esta es la estimación para la unidad de muestra. La estimación de la sección es el promedio de las estimaciones de todas las unidades de muestra en la sección.

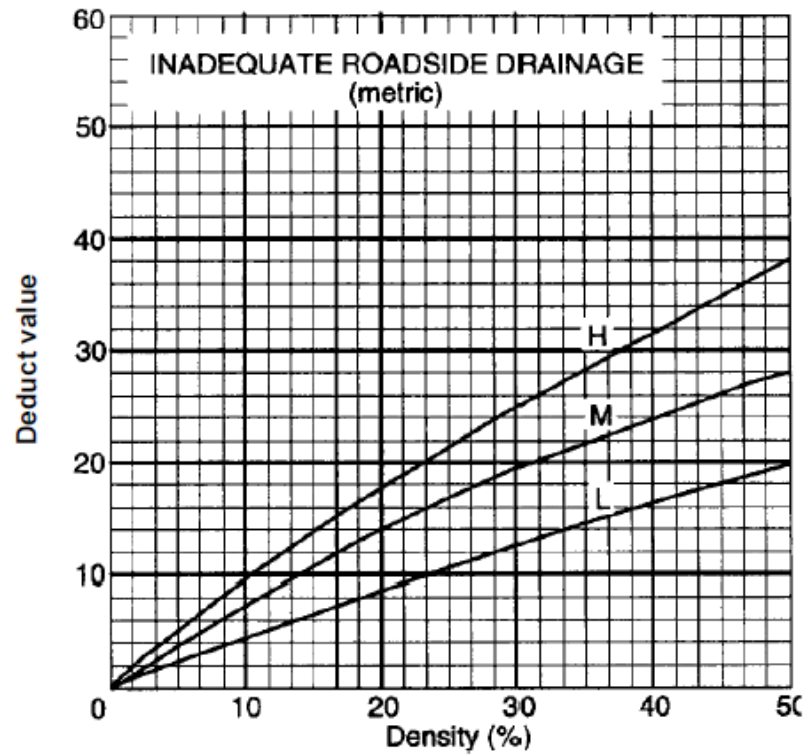
Por ejemplo, valores URCI de 63, 59 y 67 en una sección dan un promedio URCI de 63 para la sección completa.

2.2.2.3.6. Curvas de valores deducibles por daño y curva de corrección del valor deducible total para vías sin capa de rodadura

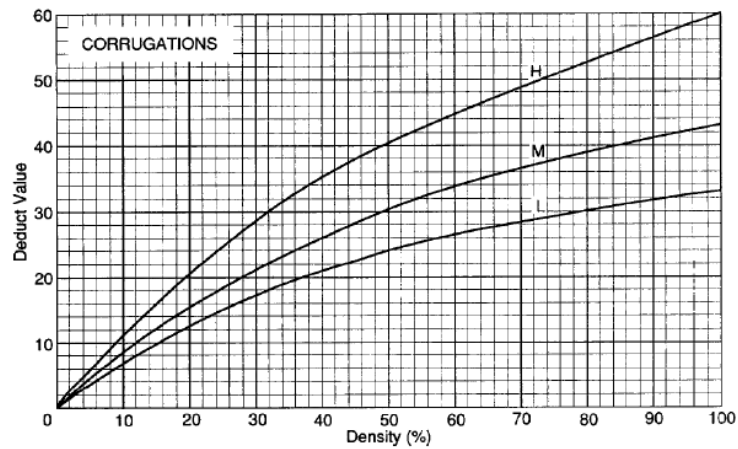
81. Sección transversal inadecuada



82. Drenaje lateral inadecuado



83. Corrugaciones



84. Polvo

El polvo no se califica por densidad.

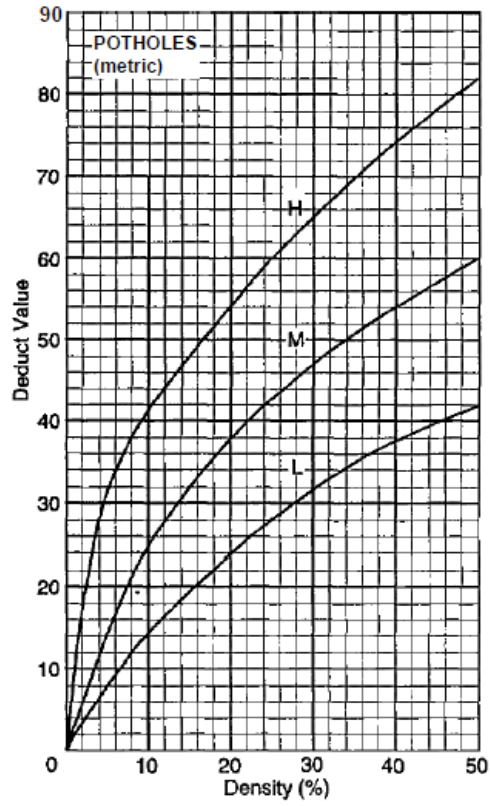
Los valores deducibles para los tres niveles de severidad son:

L= 2 puntos.

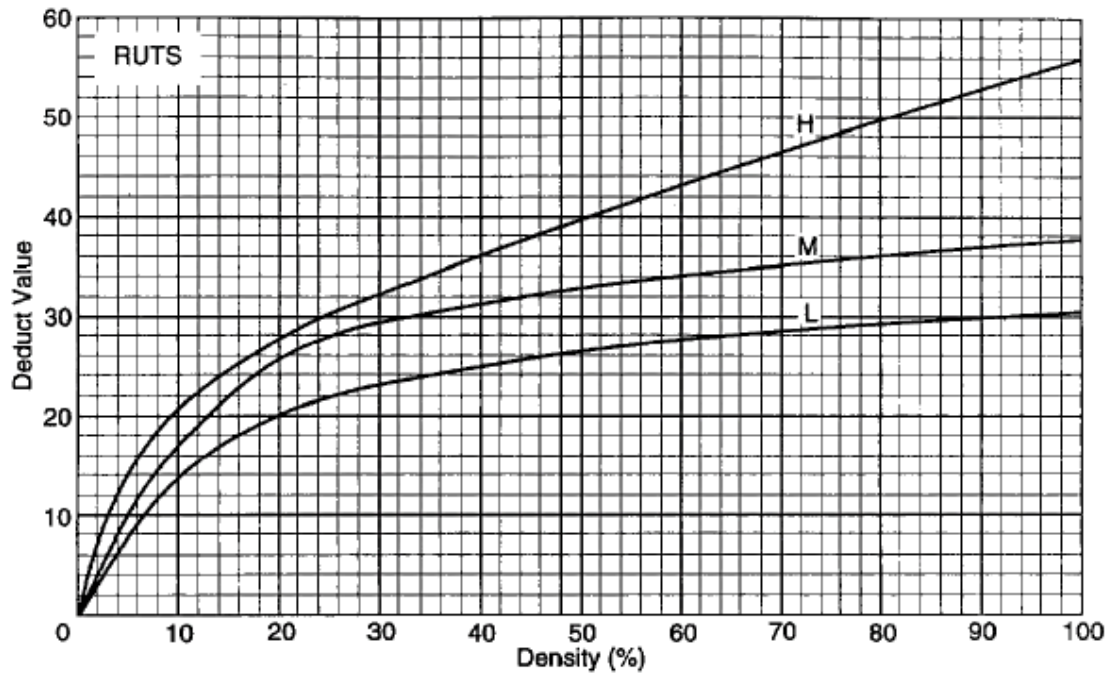
M= 4 puntos

H= 15 puntos.

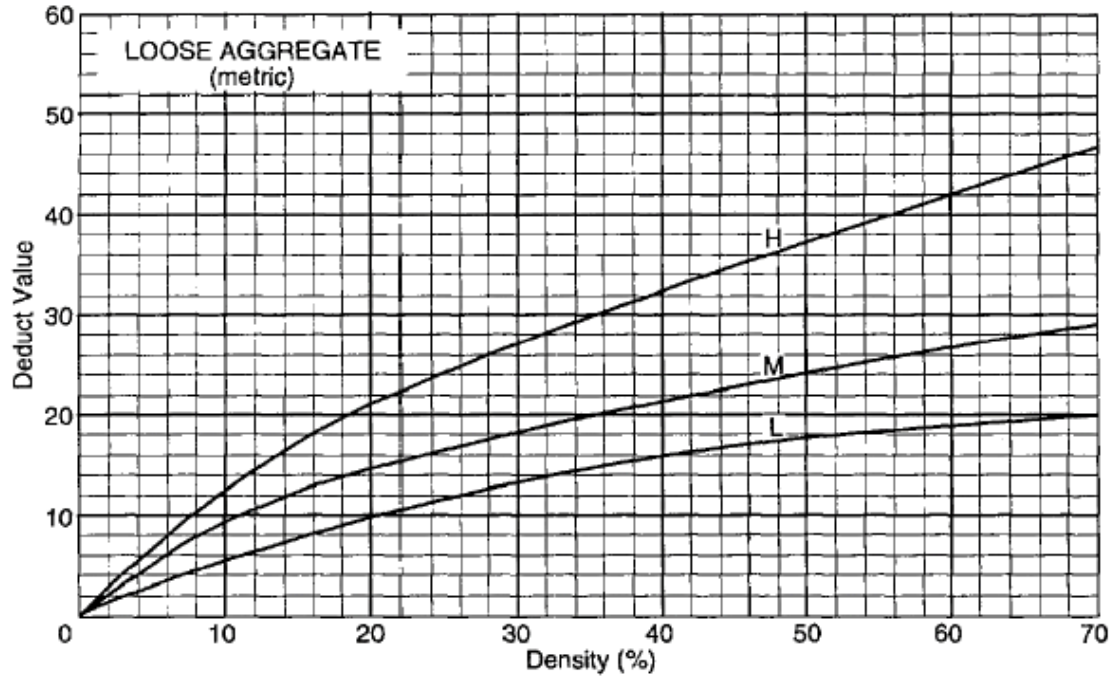
85. Huecos



86. Huellas

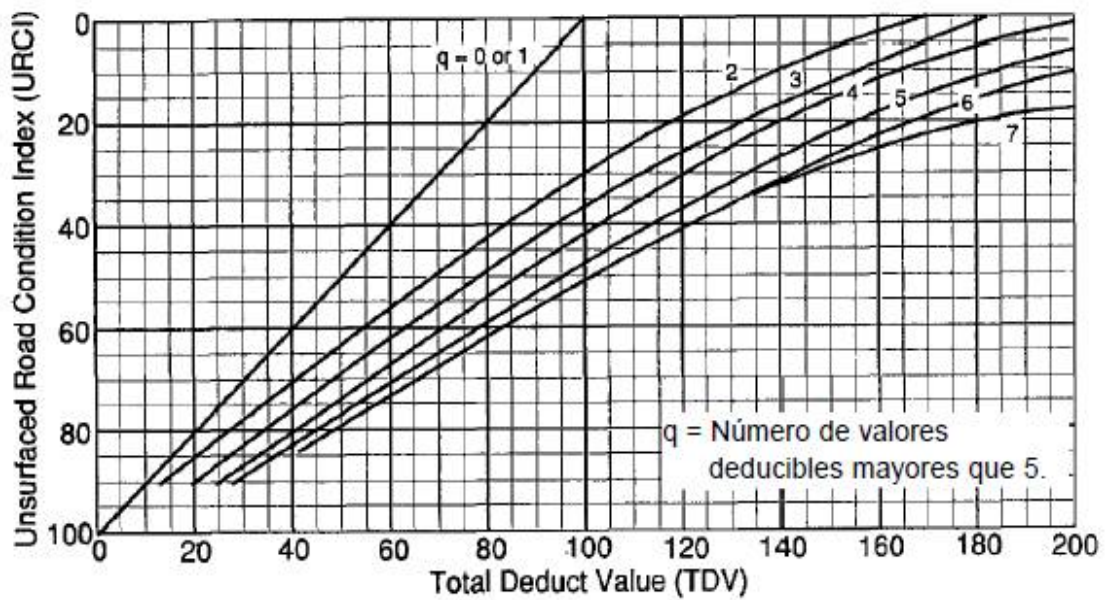


87. Agregado suelto



Curva de corrección del valor deducible total para vías sin capa de rodadura.

El valor de q es el número de deducibles mayores que cinco (5) puntos.



2.2.2.4. Evaluación estructural para caminos de tierra

2.2.2.4.1. Evaluación de la subrasante y de la capa superficial

Con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la subrasante y capa superficial, se llevarán a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas de 0,20-0,30 m para la capa superficial y de 0,70 m de profundidad mínima para la subrasante; el número mínimo de calicatas por kilómetro, estará de acuerdo al cuadro 9.

Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada, dentro de la faja que cubre el ancho de la calzada; para luego, sí se considera necesario, densificar la exploración en puntos singulares del trazo de la vía.

Cuadro 9. Número de Calicatas para Exploración de Suelos

Tipo de Carretera	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	<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 ubicarán 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 más carriles.	<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 40002001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> · 4 calicatas x km 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada

Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	· 3 calicatas x km	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	· 2 calicatas x km	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	· 1 calicata x km	

Fuente. Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos- Ministerio de Transportes y Comunicación Perú.

Se debe tomar suficiente cantidad de muestra de cada suelo encontrado en las calicatas para determinar:

Granulometría

Límites de consistencia

Compactación

Resistencia o respuesta ante cargas transitorias (CBR)

Densidad in situ

Clasificación de los suelos

Los sistemas de clasificación encuadran los suelos en una determinada tipología a partir de su granulometría y límites de consistencia.

El sistema más apropiado para clasificar los suelos para estudio de calles y carreteras es el AASHTO.

Las muestras para clasificación y otros ensayos no se deben tomar al azar, sino de acuerdo con el desarrollo del perfil a lo largo de la vía y la secuencia en que se presenten las diferentes capas de suelo.

Ejecución de ensayos de resistencia o de respuesta sobre los suelos predominantes

Los ensayos de resistencia o de respuesta se deben realizar sobre muestras representativas de los suelos predominantes, reproduciendo las condiciones de humedad y densidad que se espera prevalezcan en servicio.

El ensayo más utilizado es el CBR, el cual es una medida de la resistencia del suelo al esfuerzo cortante bajo condiciones de humedad y densidad controladas, que tiene aplicación en el diseño y en la evaluación de pavimentos asfálticos.

2.2.2.5. Verificación de la geometría actual

2.2.2.5.1. Radios de curvatura

La curva circular es un arco de circunferencia que se emplea en las obras longitudinales para lograr un cambio gradual en la dirección de las tangentes y que al mismo tiempo sirve de unión entre las mismas. En el sentido del cadenamamiento, estas curvas pueden ser hacia la izquierda o a la derecha.

Para dar seguridad y economía a la operación del tránsito, se han introducido factores limitantes en los métodos de diseño del alineamiento horizontal, como el radio mínimo de curva.

El manual de carreteras de la ABC establece como radios mínimos absolutos los siguientes:

Cuadro 10. Radios mínimos absolutos en curvas horizontales

Caminos Colectores – Locales - Desarrollo	
Vp	Rmin
Km/h	(m)
30	25
40	50
50	80
60	120
70	180
80	250
Carreteras – Autopistas Autorrutas - Primarios	
80	250
90	330
100	425
110	540
120	700

Fuente. Manual de diseño geométrico VI/ Administradora Boliviana de Carreteras ABC

2.2.2.5.2. Pendientes máximas

Las pendientes son magnitudes que indica la inclinación de la superficie de una carretera con relación a la horizontal.

El siguiente cuadro establece las pendientes máximas admisibles según la categoría de la carretera o camino.

Cuadro 11. Pendientes máximas admisibles %

CATEGORIA	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)									
	≤30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Desarrollo	10-12	10-9	9	-	-	-	-	-	-	-
Local	-	9	9	8	8	-	-	-	-	-
Colector	-	-	-	8	8	8	-	-	-	-
Primario	-	-	-	-	-	6	5	4,5	-	-
Autorrutas	-	-	-	-	-	6	5	4,5	-	-
Autopistas	-	-	-	-	-	5	-	4,5	-	4

Fuente. Manual de diseño geométrico V1/ Administradora Boliviana de Carreteras ABC

CAPÍTULO III

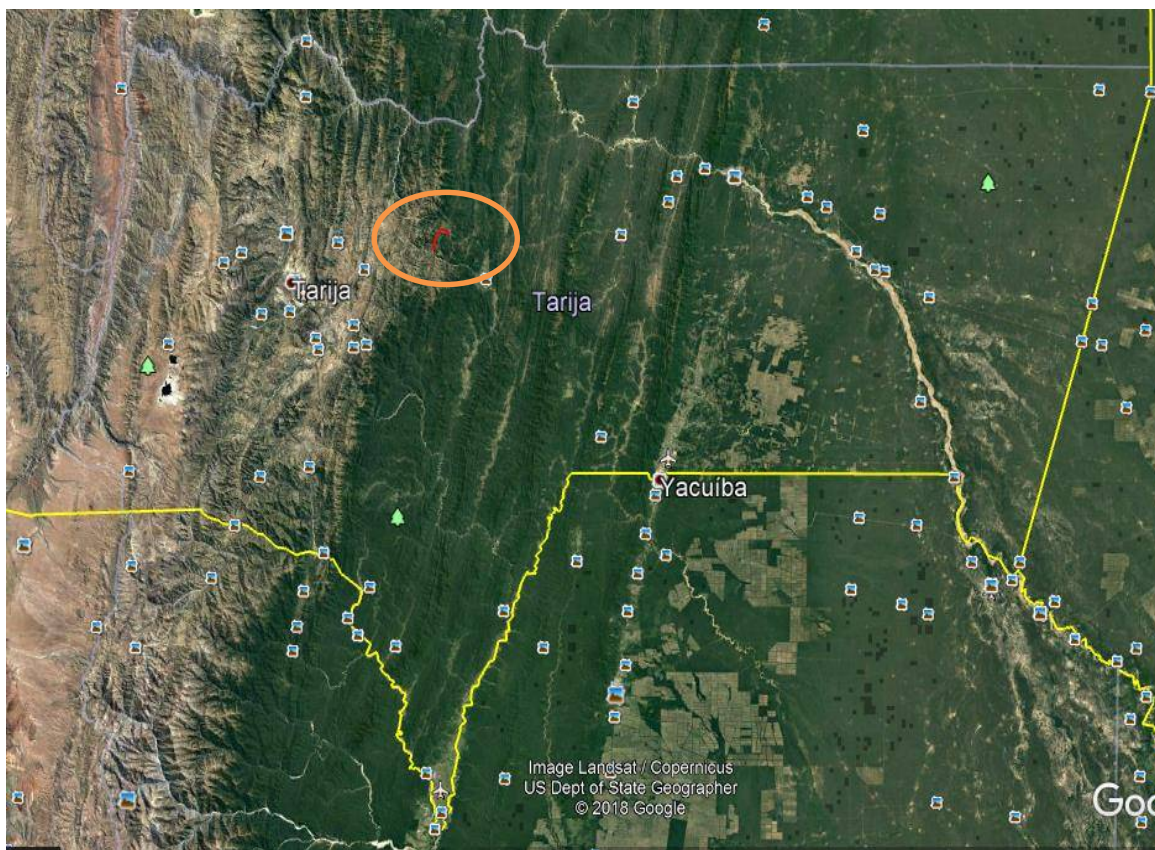
ZONA DE MUESTREO Y CARACTERIZACIÓN

3.1. UBICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE MUESTREO

En el presente trabajo se decidió tomar como zona de muestreo el tramo Canaletas-Narváez, zona que se encuentra ubicada dentro de la provincia O'Connor del departamento de Tarija, municipio de Entre Ríos, distante a 53 km de la ciudad.

El tramo se encuentra geográficamente ubicado entre las coordenadas iniciales de 21°27'21,10" S y 64°19'54,03" O, con una altura de 2060 msnm, y coordenadas finales de 21°24'56,81" S, 64°16'42,72" O, con una altura de 1750 msnm.

Figura 3.1. Ubicación del tramo en el departamento de Tarija

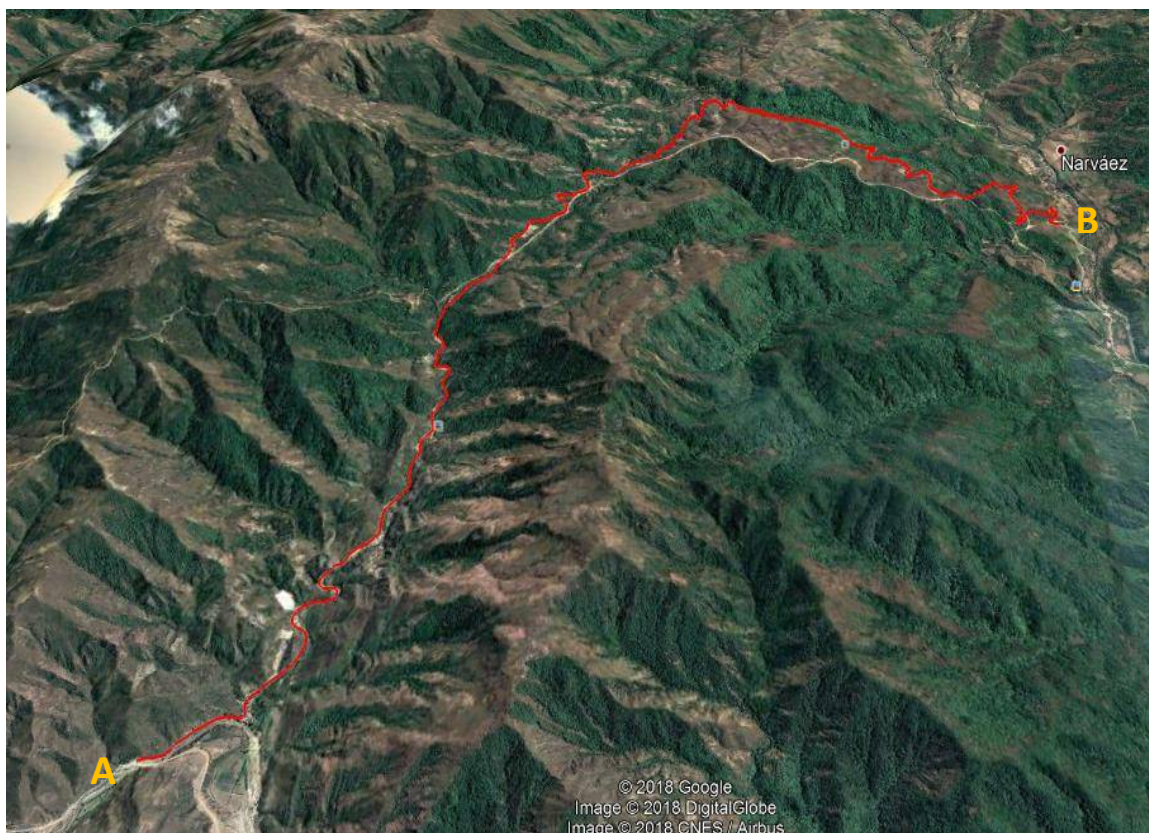


Fuente. Google Earth

Para llegar al tramo se debe tomar el camino al chaco, este tramo Canaletas – Narváez, es parte del camino antiguo por el cual pasaba mucho tráfico dirigido hacia el municipio de Entre Ríos, sin embargo, con la construcción de la variante, el tramo continua siendo transitado pero en menor volumen por tránsito tanto liviano, como mediano y pesado, ya que en la comunidad de Narváez, final del tramo estudiado, hay un cruce que traslada a

las comunidades de Narváez Villa a 3 km del cruce, Potrereros a 8 km, Huayco a 13 km, Tunal a 23 km, San Josecito a 35 km, entre otros, es por eso que un estudio en este tramo, sería beneficioso para los pobladores y comerciantes de la zona.

Figura 3.2. Tramo A) Canaletas – B) Narváez



Fuente. Google Earth

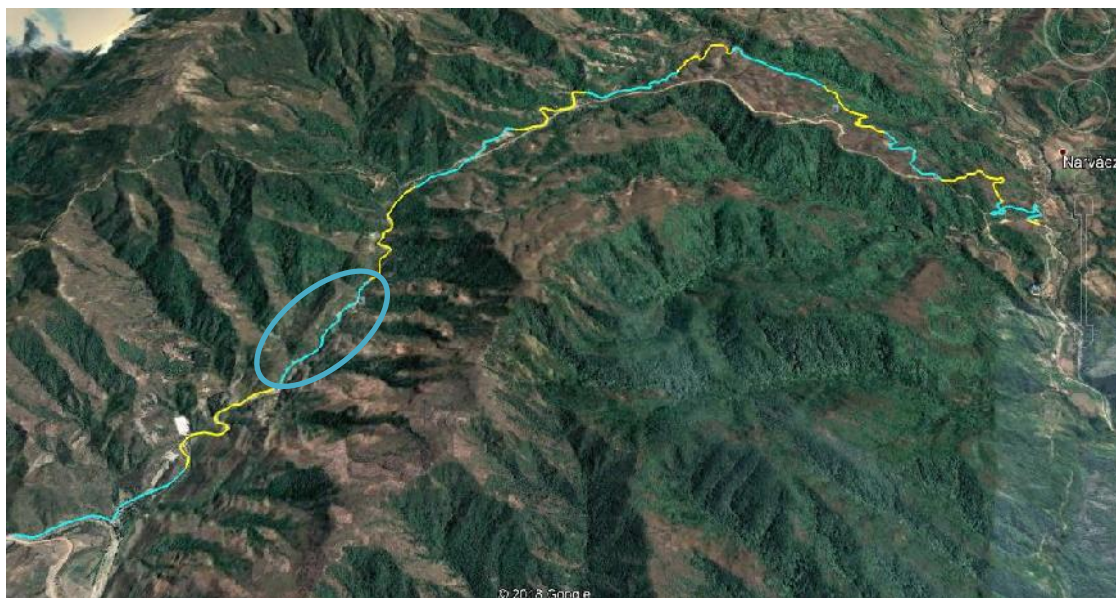
3.1.1. Obtención del muestreo de investigación

Se vio conveniente seleccionar la muestra que se procure sea representativa y que entreguen una información relevante y de una calidad que puede ser más precisa, esto de acuerdo al método URCI, que indica que de una población se debe realizar del 3 al 5 % de segmentos del tramo estudiado según sea el ancho de calzada.

Como justificación del muestreo realizado se puede decir que se optó por un método no probabilístico en donde se vio por conveniente elegir zonas de muestreo dentro de cada kilómetro. Una vez separados los kilómetros por medio de estacas, se hizo una exploración de ida y vuelta cada kilómetro, identificando en donde se establecerá la unidad muestral de 40 metros, es decir que en algunos tramos se eligió el sector donde haya más fallas

superficiales y en otros no, esto para que en general no haya un resultado muy bueno o muy malo y que en promedio los resultados tengan la mayor representatividad posible.

Figura 3.3. División del tramo por kilómetros



Fuente. Google Earth

Se considera la subdivisión de los caminos en zonas de muestreo de 1 km, señaladas en la figura y éstas a su vez, en áreas más pequeñas denominadas unidades de muestreo (UM), cuya longitud y ubicación está determinado por la zona que permita contar con la suficiente representatividad posible de los datos recolectados.

Para el presente proyecto se vio por conveniente tomar una UM recomendada por el método de evaluación URCI, en donde según sea la longitud transversal del camino, se determina la longitud de unidad muestral para vías sin capa de rodadura asfáltica, tal como se indica en el cuadro 12.

Cuadro 12. División de las secciones de la red de pavimentos en unidades de inspección

Ancho de la calzada (m)	Longitud exacta de la unidad de inspección (m)	Longitud sugerida de la unidad de inspección (m)
5,0	46,0	50,0
5,5	41,8	40,0
6,0	38,3	40,0
6,5	35,4	40,0
7,3 (máximo)	31,5	30,0

Fuente. TM 5 – 626 Unsurface road maintenance management (Departamento of the army)

Para el tramo en estudio, se determinó seleccionar una unidad muestral o de inspección de 40 m por 6.5 m de ancho, en algunas secciones, y 6.0 m de ancho en otras secciones. El área de la unidad de inspección debe estar en el rango $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$.

Para la toma de muestras destructivas, se considera realizarla dentro de la unidad de muestreo considerada por el método URCI, en donde por cada UM se extraerán muestras representativas para posterior traslado al laboratorio, en este caso la extracción de muestras fue superficial hasta desde 0,20 m a 0.35 m del nivel del terreno.

El muestreo se lo realizó siguiendo la guía que nos dice la forma de hacer una buena y correcta extracción de muestra.

El material y equipo utilizado se conforma por una escoba, pala, pico y bolsas.

Se procedió a muestrear en cada UM elegida, se determinaron las coordenadas UTM y la elevación de cada muestra.

Luego se procedió a llevar al laboratorio para empezar con la caracterización de este material muestreado como está estipulado en las guías de laboratorio, realizando los siguientes ensayos:

Análisis granulométrico por tamizado ASTM D422, AASHTO T89

Contenido de humedad ASTM D-2216

Límite líquido ASTM D-4318, AASHTO T89

Límite plástico ASTM D-4318, AASHTO T90

Clasificación AASHTO M-145

Ensayos especiales

Compactación AASHTO T 272

California Bearing Ratio ASTM D 1883, AASHTO T190

Densidad in situ ASTM D1556, AASHTO T191

3.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS

3.2.1. Descripción de los ensayos de suelos realizados

3.2.1.1. Análisis granulométrico por tamizado

Entre las principales características de los suelos se encuentra el tamaño de sus partículas, el cual depende de la clase de minerales que lo compone, como el tamaño de las partículas es la primera característica que se observa, se presentan los tamices estándar en el cuadro 13.

Cuadro 13. Tamices U.S.A. estándar

Tamiz	Abertura del tamiz (mm)
4"	100
3 1/2"	90
3"	75
2 1/2"	63
2"	50
1 3/4"	45
1 1/2"	37.5
1 1/4"	31.5
1"	25.0
7/8"	22.4
3/4"	19.0
5/8"	16.0
1/2"	12.5
3/8"	9.5
5/16"	8.0
1/4"	6.3
N ^o 4	4.75
N ^o 8	2.36
N ^o 10	2.0
N ^o 18	1.0
N ^o 30	0.6
N ^o 35	0.5
N ^o 40	0.425
N ^o 50	0.315
N ^o 60	0.25
N ^o 80	0.18
N ^o 100	0.15
N ^o 200	0.075
N ^o 270	0.053
N ^o 400	0.038

Fuente. Elaboración propia

Método general (Sin lavado)

Se procede a seleccionar una cantidad de muestra representativa ya sea por cuarteo o por una selección aleatoria de suelo.

En un mortero romper los terrones del material con el mazo, secar la muestra de suelo ya sea en horno o a temperatura ambiente, en este caso, se eligió realizar el secado a temperatura ambiente por falta de condiciones.

Posteriormente pasar la muestra seca al juego de tamices 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", 3/8", N° 4 y N° 10 para la parte gruesa del material, tamizar manualmente o mecánicamente, el periodo de agitación dependerá de la cantidad de materia fina que hay en la muestra, la cual no debe ser menor de 15min.

Registrar los pesos del material retenido en cada tamiz.

Pequeñas partículas de piedra que queden retenidas en los alambres del tamiz no deben ser forzadas para pasar a través de la malla, sino removidas e incluirlas con su fracción antes de pasar.

Del material que pasa el tamiz N° 10 se toma una fracción y se determina la humedad higroscópica.

La humedad higroscópica se considera como la pérdida de peso de una muestra secada al aire cuando se seca posteriormente al horno, expresada como un porcentaje del peso de la muestra secada al horno. Se determina de la manera siguiente.

$$\% \text{ humedad higroscópica} = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100$$

Donde:

W= Peso de suelo secado al aire (gr)

W₁= Peso de suelo secado en el horno(gr)

Método del lavado

Para el material fino

Pesar una fracción de muestra de 500 gr que pase el tamiz N° 10 y se retenga en el tamiz N° 200, saturar la muestra con agua completamente por aproximadamente 24 horas, si se desea un tiempo más corto utilizar unas cinco horas.

Con el tamiz N°200 lavar la muestra fina que pasa este tamiz hasta un punto en el que el agua quede limpia.

El material retenido debe ser vertido en un recipiente, teniendo cuidado de no dejar partículas de suelo en la malla del tamiz.

Secar la muestra al horno durante 24 horas y luego proceder a retamizar con las mallas N^o 40 y N^o 200, registrar los pesos retenidos en los tamices.

3.2.1.2. Límites de Atterberg

Límite líquido (LL)

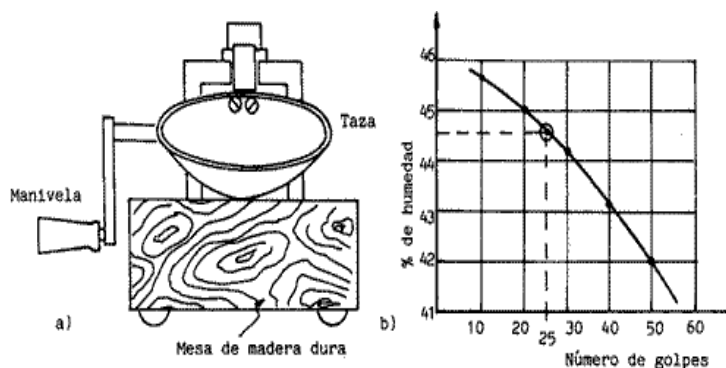
Es el contenido de humedad para el cual el suelo pasa del estado líquido al plástico. El ensayo que permite determinar el límite líquido consiste en colocar diferentes muestras de suelo, con humedad variable, en un recipiente o taza metálica accionada por medio de una manivela, que la levanta y deja caer bruscamente repetidas veces, sobre una base de madera dura, como muestra la figura 3.4.a, denominado aparato de Casagrande.

Antes de iniciar cada ensayo, en la muestra de suelo se hace una ranura de determinadas dimensiones con una espátula de goma y se cuenta el número necesario de golpes para que la abertura cierre 1/2". Los datos se grafican en cada caso y cuando la curva obtenida corta la línea correspondiente, a los 25 golpes se considera este valor como el límite líquido del Suelo. Ver figura 3.4.b.

Para determinar el contenido de humedad de las muestras, estas se pesan primero en su estado natural y luego, después secarlas en horno, de modo que la diferencia en peso permita conocer la relación porcentual de humedad del suelo.

Todo este proceso se debe repetir por lo menos tres veces a distintas humedades del suelo, considerando que los golpes estén por debajo y por encima de los 25 golpes para poder obtener la curva y determinar el valor del límite líquido.

Figura 3.4. Ensayo del límite líquido



Fuente. <http://uningenierocivil.blogspot.com/2011/03/consistencia-limites-de-atterberg.html>

Límite plástico (LP)

Mezclar homogéneamente material que pasa el tamiz N^o40 formando una masa moldeable y plástica. Se toma una porción de ese material y se comienza a hacer rollitos sobre un vidrio hasta que el espesor sea aproximado de 3 mm. Repetir este paso hasta que se presenten agrietamientos.

Una vez presentados los agrietamientos o rajaduras, se debe cortar los rollitos en ese sector y guardar dentro de las taras previamente pesadas e introducir al horno, repetir el procedimiento tres veces. Una vez secados los rollitos pesar y determinar sus humedades para obtener el límite plástico.

Figura 3.5. Ensayo del límite plástico



Fuente. Elaboración Propia

3.2.1.3. Densidades de los suelos

Para el presente trabajo se prepara la muestra realizando una compensación de material entre los tamices $\frac{3}{4}$ " y N^o 4, utilizando los porcentajes que pasan en la granulometría para determinar qué cantidad de agregado grueso y fino, y el método adecuado para la realización del ensayo de compactación.

Con una muestra seca de 5500 gr se debe realizar el mezclado del agregado fino (tamiz N^o 4), tomando el porcentaje del ensayo de granulometría y compensándolo con el agregado grueso (tamiz $\frac{3}{4}$ ") a un 100 %, así se determinaron los siguientes porcentajes:

Cuadro 14. Porcentajes de agregado para compactación del ripiado superficial

Muestra N ^o	% de agregado grueso	% de agregado fino
1	43	57
2	44	56
3	36	64
4	31	69
5	55	45
6	49	51
7	32	68
8	54	46
9	48	52
10	50	50
11	34	66
12	33	67
13	51	49

Fuente. Elaboración propia

Se procede al mezclado de los porcentajes de agregados variado las humedades a 3%, 5%, 7% y 9% para obtener la curva que determinara la humedad óptima y la densidad máxima de compactación.

Para la compactación de la muestra de la subrasante se tomó al material que pasa el tamiz 3/4" con porcentajes de humedad de 5 %, 7 %, 9% y 13 %.

Con la muestra preparada se compacta el material por capas con el apisonador o pisón a razón de 55 golpes por cada una de las 5 capas.

Figura 3.6. Proceso de compactación

Fuente. Elaboración propia

Una vez compactado, se retira el collarín y se enrasa el material sobrante con una regla de acero, se procede a pesar el “peso del suelo húmedo + molde”.

Se resta el peso del molde y se obtiene el peso del suelo húmedo. Dividiendo el peso del suelo húmedo entre el volumen de la muestra se obtiene la densidad del suelo húmedo.

Se saca todo el material y preferiblemente del núcleo central del molde se obtiene una porción de suelo y se pesa en una tara de peso conocido.

Se introduce las taras al horno y se vuelve a pesar para restar este resultado y obtener el peso del agua.

Restando el peso de la tara al peso de suelo seco + tara, se obtendrá el “peso del suelo seco” y se determina el contenido de humedad.

$$\% W = \frac{\text{peso agua}}{\text{peso suelo seco}} \times 100$$

La densidad del suelo seco se encuentra de la división de la densidad del suelo húmedo por 100 entre el contenido de humedad + 100.

$$D_{ss} = \frac{D_{sh}}{\%W + 100} \times 100$$

El procedimiento anteriormente descrito se lo repite para cada punto del ensayo.

3.2.1.4. Capacidad soporte C.B.R.

Determinación de la cantidad de agua

Para el ensayo de CBR se deberá adicionar a la muestra secada al aire, el contenido de humedad óptima encontrada por el ensayo de compactación.

Se obtiene el valor de la humedad del material que resultara de la media aritmética de los tres moldes utilizados en el ensayo, (12, 25, 55 golpes), se toma una fracción de muestra y se determina la humedad natural, en este caso se determinó dicha humedad por el método de la hornilla.

El porcentaje real de agua necesaria es el resultado de la diferencia del porcentaje de humedad óptima y el porcentaje de humedad natural del suelo, sumando a esto un pequeño porcentaje de pérdida por evaporación durante el manipuleo que generalmente es de 0.3 %.

$$\% \text{ Agua real} = \%H \text{ opt.} - \% H. \text{ nat.} + 0.3 \%$$

La muestra total húmeda (Psh) será el peso de aproximadamente 5000 gramos, el peso total seco (Pss) es el que resulta de multiplicar el peso del suelo húmedo por 100 y dividir el contenido de humedad natural del suelo preparado + 100.

$$P_{ss} = \frac{P_{sh} * 100}{\%H. nat. + 100}$$

El agua necesaria para el ensayo C.B.R. es el producto del peso del suelo seco por el porcentaje real de agua este valor está en centímetros cúbicos, para llevarlos a ml, se lo divide entre 100. El resultado debe redondearse a un número entero el cual representara la cantidad de agua que se adicionara a la muestra para que esta llegue a su humedad óptima y proceder a golpear la muestra en los moldes.

$$Agua C. B. R. = \frac{P_{ss} * \% Agua real}{100}$$

Para el presente ensayo se preparan 3 moldes, debiendo anotar primero el número de molde, el número de capas (5) de acuerdo al método a utilizarse y el número de golpes para cada molde (12, 25, 55).

Condiciones de la muestra

Con el anterior cálculo de agua para el C.B.R. se humedece el material tratando de que el 100 % del agua este en la muestra y no haya perdidas y se mezcla de manera uniforme.

Se prepara un molde de peso y volumen conocidos, ajustándolo a su base y colocándolo su respectivo collarín, se deposita dentro de este un disco espaciador de 2 ½ “, se coloca un papel filtro dentro del molde y sobre el disco espaciador, esto con el objetivo de evitar que la muestra compactada se pegue al disco, en este caso se pondrá papel periódico con sus respectivas perforaciones.

Se coloca dentro el suelo húmedo y se compacta según los golpes y capas que la compactación dicte, tratando de que la muestra sobrepase el molde unos dos centímetros. Acabado esto, se saca el collarín y se enrasa con una regla metálica el sobrante tratando de dejar una superficie lisa.

Se libra el molde de la base y del disco espaciador, se extrae el disco y se da vuelta el molde, en la base se coloca también un papel filtro y se vuelve a reajustar el molde con la base y se pesa (Peso suelo húmedo + molde), este último procedimiento se repite para los tres moldes respectivamente y para todas las muestras del tramo.

Restando el peso del molde tendremos el peso del suelo húmedo. El peso unitario del suelo húmedo será el peso suelo húmedo sobre el volumen del molde. Una vez pesado el molde con base y muestra se coloca sobre este el plato perforado y el vástago regulable y se pone el molde a embeber durante 96 horas lo que corresponde a 4 días.

Figura 3.7. Moldes de C.B.R. con muestra en saturación



Fuente. Elaboración propia

Muestra de humedad

Se toma una cápsula de peso conocido y se la llena con muestra del recipiente en el cual se preparó la muestra ya humedecida, se pesa la cápsula con la muestra y se la seca en el horno hasta peso constante.

Se pesa la cápsula con la muestra ya seca y se resta el valor de la cápsula con el suelo seco, de la cápsula con el suelo húmedo, encontrándose el peso del agua, se resta el peso de la cápsula al peso del suelo seco + cápsula hallándose el peso del suelo seco.

Multiplicando el peso del agua * 100 y dividiendo el resultado entre el peso del suelo seco, se obtendrá el porcentaje de humedad.

El peso unitario de la muestra seca se encuentra multiplicando el peso unitario de la muestra húmeda por 100, dividido entre el contenido de humedad + 100.

Expansión

Antes de someter el molde a saturación, se debe regular el extensómetro y colocarlo en cero, marcar la ubicación del trípode con un marcador para poder lecturar correctamente los siguientes días. Se debe introducir todo el molde dentro de un tanque o deposito con agua de manera que quede el nivel del agua sobre los moldes de C.B.R.

Se montará el trípode con un extensómetro y hacia la cabeza del vástago tomar las lecturas cada 24 horas durante cuatro días.

La diferencia entre la lectura final y la inicial en valor absoluto en centímetros, dividida entre la altura real del molde, también en centímetros multiplicada por 100, nos proporcionan el valor de la expansión que sufrió el material.

C.B.R. o valor soporte

Una vez transcurridas las 96 horas de embebido el molde se vuelve a pesar y se registra el dato, se lleva el molde a la prensa de ensayo provista del aro dinamométrico adecuado. Se pone la sobrecarga anular de ensayo, sobre la superficie y se asienta el pistón de penetración a través del orificio central.

Se regula la altura del conjunto tal que el dial del extensómetro que mide la resistencia de la deformación del aro dinamométrico este en cero. El extensómetro que mide las penetraciones y que está sujeto al marco, apoyará sus patas sobre el borde de la boca del molde haciendo coincidir su dial a cero. Se aplicarán cargas a una velocidad de avance del pistón igual a 1.27 mm/min anotándose las lecturas del dial del aro dinamométrico obtenida para penetraciones de 0.64 mm, 1.27 mm, 1.91 mm, 2.54 mm, 5.1 mm, 7.6 mm, 10.2 mm.

Las cuatro primeras lecturas servirán posteriormente para efectuar la corrección de la curva penetración- carga en el caso que la misma resulte cóncava hacia arriba.

Se descarga la prensa a penetración, se retira el molde y se quitan las sobrecargas. Se toma una muestra de suelo del lugar donde penetra el pistón y, en una capsula de peso conocido se hace secar en horno hasta peso constante anotando todos los valores encontrados.

Buscando en el formulario de cada aro o anillo dinamométrico, el equivalente de la lectura de deformación dada por el extensómetro del mismo, tendremos la carga de ensayo en kg que nos servirá para el diseño de la curva penetración – carga.

La determinación del C.B.R., se realizará para las penetraciones de 0.1” y 0.2 “, en sus correspondientes cargas calculadas:

$$\text{Para } 0.1 \text{ “: } C. B. R. = \frac{\text{Carga} \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]}{70.31 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]} * 100$$

$$\text{Para } 0.2 \text{ “: } C. B. R. = \frac{\text{Carga} \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]}{105.4 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]} * 100$$

Curva carga – penetración

Se realizará una escala correspondiente considerando los valores máximos y mínimos de la carga por centímetro cuadrado.

Se graficarán los puntos, haciendo que las abscisas sean los valores de penetración y las ordenadas los valores de las cargas aplicadas. Luego estos puntos se deben unir con líneas respetando su nacimiento.

En caso de que una curva nazca desde el eje de las penetraciones, se medirá la distancia hacia el origen, esta distancia se medirá desde los valores de 0.1“ y 0.2 “, hacia la derecha, elevando perpendiculares de las abscisas hasta la curva, entonces nos dará un nuevo valor de la carga aplicada y un nuevo C.B.R., corregido.

Si es que una curva presenta concavidad hacia arriba, entonces se debe trazar una tangente por el punto de inflexión de la misma y cortar a las abscisas, entonces este punto será en nuevo origen de la curva.

Curva % C.B.R. – peso unitario

Tomando los pesos unitarios secos de cada una de las muestras se busca una escala apropiada a los mismos; de igual manera para los % de C.B.R. de 2” de penetración, recordando que si el porcentaje correspondiente a 0.1“ es mucho menor que el de 0.2 “, se recomienda repetir el ensayo.

Luego de definidos los puntos, se los unirá mediante una curva que se denominará Curva C.B.R. – Peso Unitario, sabiendo el valor de la densidad máxima, hallada mediante el ensayo de compactación, se traza una recta horizontal que lo defina, siendo la proyección vertical de la intersección de esta y la curva diseñada, el valor porcentual de C.B.R. al 100 % de la densidad máxima, en igual forma se puede trazar para una compactación del 95 %.

3.2.1.5. Densidad in situ (Método del Cono de arena)

El método del cono de arena, se aplica en general a partir de la superficie del material compactado hasta una profundidad aproximada de 15cm. Y cuyo diámetro del hoyo de extracción de suelo es aproximadamente 4 pulgadas y relativo a la abertura de la placa base del cono metálico de ensayo; este método se centra en la determinación del volumen de una pequeña excavación de forma cilíndrica de donde se ha retirado todo el suelo compactado (sin pérdidas de material) ya que el peso del material retirado dividido por el

volumen del hueco cilíndrico nos permite determinar la densidad húmeda. Determinándose la humedad de esa muestra nos permite obtener la densidad seca.

Se utiliza una arena uniforme estandarizada (arena compuesta por partículas cuarzosas, sanas, no cementadas, de granulometría redondeada y comprendida entre las mallas N° 10 ASTM (2,0 mm.) y N° 35 ASTM (0,5 mm.)) y de granos redondeados para llenar el hueco excavado en terreno.

Previamente en el laboratorio, se ha determinado para esta arena la densidad que ella tiene para las mismas condiciones de caída que este material va a tener en terreno. Para ello se utiliza un cono metálico. El método del cono de arena utiliza una arena uniforme normalizada y de granos redondeados (arena de Zaire o de Tajzara) para llenar el hueco excavado en terreno.

Este ensayo proporciona un medio para comparar las densidades secas en obras en construcción, con las obtenidas en el laboratorio. Para ello se tiene que la densidad seca obtenida en el campo se fija con base a una prueba de laboratorio. Al comparar los valores de estas densidades, se obtiene un control de la compactación, conocido como Grado de Compactación, que se define como la relación en porcentaje, entre la densidad seca obtenida por el equipo en el campo y la densidad máxima correspondiente a la prueba de laboratorio. El Grado de Compactación de un suelo se determina de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Gc = \frac{\gamma_{sc}}{\gamma_{sl}} \times 100$$

Donde:

Gc = Grado de compactación.

γ_{sc} = Densidad seca obtenida en el campo.

γ_{sl} = Densidad seca máxima obtenida en el laboratorio.

Se selecciona el lugar para efectuar el ensayo, previamente barrido y libre de impurezas. Antes de iniciar el ensayo, se debe calibrar el equipo de densidad de campo, para de esta forma obtener el peso volumétrico de la arena calibrada y el peso de arena calibrada que queda en el cono después de ejecutar el ensayo; datos que nos sirven en la determinación de la Densidad de Campo.

Seguidamente se nivela el suelo compactado en el campo y se retira el material suelto. A continuación, se coloca la placa y se comienza a hacer una perforación (cavado con cincel), teniendo como guía el agujero interior de la placa, a una profundidad de 15 cm. Todo el material que se saque del agujero se coloca en una bolsa plástica y se pesa. Para determinar el volumen del agujero, utilizamos el equipo de densidad de campo de la siguiente forma:

Se determina el peso inicial del frasco con la arena calibrada. Luego se invierte y se coloca sobre la placa, la cual está colocada en la parte superior del agujero; se abre la llave del cono, permitiendo el paso de la arena. Cuando el agujero y el cono están llenos de arena, se cierra la llave y se procede a determinar el peso final del frasco y la arena contenida en él. Por la diferencia de los pesos del frasco más la arena inicial y del frasco más la arena final, obtenemos el peso de la arena contenida en el agujero y el cono. A este valor le restamos el peso de la arena que cabe en el cono, obteniendo de esta forma el peso de la arena contenida en el agujero. El peso de la arena dividida por su densidad, obtenida en el laboratorio mediante la calibración, nos da el volumen del agujero.

Finalmente se debe determinar en el laboratorio, la densidad seca máxima y el contenido de humedad de la muestra recuperada del agujero, para de esta forma, determinar el Grado de Compactación.

3.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES PARA TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

3.3.1. Ensayos de asfaltos

3.3.1.1. Punto de inflamación y encendido

El punto de inflamación del cemento asfáltico, indica la temperatura a la cual puede calentarse el material sin peligro de inflamación en presencia de llama libre.

El punto de inflamación de un betún asfáltico se mide por el ensayo de en la copa abierta de Cleveland, en donde una vez calentada la muestra de cemento asfáltico, se vierte parcialmente en un vaso abierto de latón (Copa Cleveland) y se calienta a una velocidad constante. Periódicamente se hace pasar sobre la superficie de la muestra una pequeña llama y se define como punto de inflamación o punto de llama la temperatura a la que se ha desprendido vapores suficientes para producir una llamarada repentina, y como punto de encendido cuando los vapores provocan un encendido sobre la superficie de la muestra.

3.3.1.2. Penetración

El ensayo de penetración en los cementos asfálticos determina la dureza o consistencia midiendo la distancia que una aguja normalizada penetra verticalmente en una muestra del asfalto en condiciones especificadas de temperatura, carga y tiempo.

Para comenzar con el ensayo se debe calentar el cemento asfáltico a un punto que no se desprendan vapores ni se forme espuma y asimismo se pueda vaciar una muestra en dos cápsulas limpias. Posteriormente dejar enfriar la muestra a razón de aproximadamente 40 minutos a temperatura ambiente, pasado dicho tiempo se introducen las cápsulas en el equipo de baño maría a 25 ° C, esperar otros 40 minutos y retirar las cápsulas.

Para realizar ensayo se entiende que la medida de penetración se hace a 25 ° C, que la aguja está cargada con 100 g y que la carga se aplica durante 5 segundos. Entonces una vez instalado el equipo, se coloca la medida de penetración en cero y se baja en equipo hasta que la aguja este en contacto con el cemento asfáltico de la cápsula, se procede a disparar para que la aguja vaya penetrando en la muestra en un tiempo de 5 segundos, se lectura el valor de penetración y por cada cápsula se realiza tres penetraciones en diferentes lugares de la misma muestra.

La penetración determinada en estas condiciones se llama penetración normal. La unidad de penetración es la décima de milímetro. Es evidente que cuanto más blando sea el betún asfáltico mayor será la cifra que indique su penetración. Se puede utilizar un asfalto diferente según la zona en la que se realiza el asfaltado, por ejemplo, un asfalto 60 – 70 es más duro y se utiliza en zonas más cálidas. El instituto del asfalto adopta cuatro grados de betún asfáltico con penetraciones comprendidas dentro de los márgenes siguientes: 60 – 70, 85 – 100, 120 – 150 y 200 – 300.

Para el cemento asfáltico utilizado en el ensayo de penetración se determinó una clasificación que está dentro del rango 85 – 100, cemento generalmente utilizado por la alcaldía de Tarija.

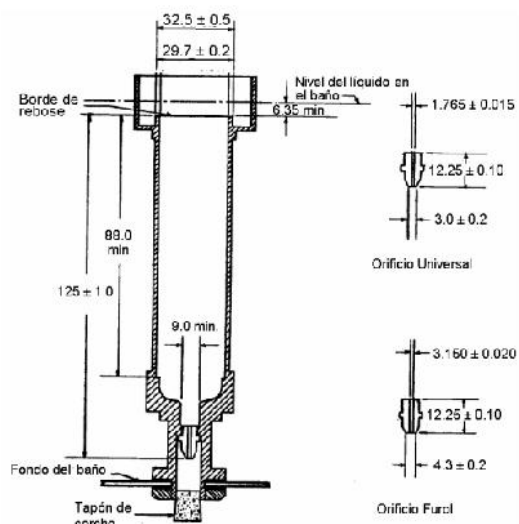
3.3.1.3. Viscosidad – Saybolt Furol

La finalidad del ensayo de viscosidad es determinar el estado de fluidez de los asfaltos a las temperaturas que se emplean durante su aplicación.

La facilidad con que un fluido fluye a través de un orificio de diámetro pequeño es una indicación de su viscosidad. Éste es el principio sobre el cual está basado el viscosímetro

de Saybolt. La muestra de fluido se coloca en un aparato parecido al que se muestra en la figura.

Figura 3.8. Viscosímetro Saybolt - orificio universal y Furol (dimensiones en mm)



Fuente. <http://asfalca.com/viscosimetro-saybolt-furol-vs-paletas/>

En el ensayo Saybolt-Furol se emplea un viscosímetro Saybolt con orificio Furol. Se coloca en un tubo normalizado cerrado con un tapón de corcho una cantidad específica de asfalto. Como las temperaturas a que se determina la viscosidad son frecuentemente superiores a los 100 °C, el baño de temperatura constante del viscosímetro se llena con aceite a una temperatura de 130 °C. Cuando el asfalto dentro del vaso del viscosímetro ha alcanzado una temperatura de 135 °C, se quita el tapón y se mide, en segundos, el tiempo necesario para que pasen a través del orificio Furol 60 ml del material. Los valores obtenidos se expresan como segundos Saybolt-Furol (SSF).

Figura 3.9. Determinación de la viscosidad Saybolt - Furol



Fuente. Elaboración propia

3.3.1.4. Ductilidad

La ductilidad es la propiedad que presentan algunos metales y aleaciones cuando, bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse sin romperse permitiendo obtener alambres o hilos. A los metales que presentan esta propiedad se les denomina dúctiles. En otros términos, un material es dúctil cuando la relación entre el alargamiento longitudinal producido por una tracción y la disminución de la sección transversal es muy elevada. Los asfaltos dúctiles tienen normalmente mejores propiedades aglomerantes. Por otra parte, los asfaltos con una ductilidad muy elevada son usualmente susceptibles a los cambios de temperatura. El ensayo consiste en moldear asfalto en condiciones y con dimensiones normalizadas de ensayo y en someterlo a alargamiento con una velocidad especificada hasta que el hilo que une los dos extremos se rompa. Normalmente, el ensayo se realiza a una temperatura de 25 ° C y una velocidad de alargamiento de 5cm/min. La ductilidad se mide en un equipo llamado ductilímetro. La longitud (En cm) a la que el hilo del material se rompe define la ductilidad.

Es así que el procedimiento realizado para la determinación de la ductilidad consiste en armar el molde sobre una placa base cubriendo la base y las superficies interiores de los lados de los moldes con una película de desmoldante, en este caso, una mezcla de vaselina líquida con maicena, para prevenir que el material por ensayar se adhiera. Una vez calentada la muestra hasta que esté suficientemente fluida para verter, vaciar el material dentro del molde cuidando de no tocar ni desarreglarlo, verter con un chorro de muestra asfáltica de atrás hacia adelante, hasta que el molde quede por sobre el llenado. Dejar enfriar a temperatura ambiente por aproximadamente 40 minutos, luego colocar la muestra en baño maría a 25 ° C por 30 minutos. Sacar del baño maría y con una espátula caliente enrasar el molde quitando el exceso del ligante asfáltico. Colocar la placa y el molde en el baño de agua y mantener por un periodo de 85 minutos, quitar la briqueta de la placa y ensayar la briqueta enganchando los anillos de cada extremo en las clavijas del ductilímetro y separar a velocidad uniforme especificada hasta la ruptura de la muestra asfáltica, medir la distancia en cm entre los clips traccionados en el momento de producirse la ruptura. El agua del ductilímetro debe estar por lo menos a 2.5 cm sobre la briqueta a una temperatura de 25 ° C.

3.3.1.5. Peso específico

La densidad o peso específico es útil para hacer las correcciones de volumen cuando éste se mide a temperaturas elevadas. Se emplea, también, como uno de los factores para la determinación de los huecos en las mezclas asfálticas para pavimentaciones compactadas. El peso específico es la relación de peso de un volumen determinado del material al peso de igual volumen de agua, estando ambos a temperaturas especificadas. O sea, la cantidad de veces que pesa más que el agua a igual temperatura.

El peso específico se determina normalmente por el método del picnómetro. Para la determinación de peso específico absoluto, empleamos un recipiente aforado llamado picnómetro, que son matraces calibrados a distintas temperaturas, con una capacidad de 50 cm³. La tapa deberá ser del mismo material del picnómetro y deberá entrar con facilidad hasta la profundidad indicada. Además, deberá tener un hueco en el centro para permitir la salida del aire y del agua en exceso.

Se calienta una pequeña cantidad de material hasta una condición fluida, mediante la aplicación de calor en forma suave. Cuando la muestra este fluida se vierte dentro del picnómetro, limpio y seco, hasta aproximadamente la mitad, es conveniente calentar ligeramente el picnómetro antes de vaciar el material. Evitar la inclusión de burbujas de aire aplicando una llama ligera de un mechero a la superficie del picnómetro y del asfalto. Dejar enfriar el picnómetro con la muestra a temperatura ambiente y determinar la masa con la tapa incluida, y designarla con la letra C. Terminar de llenar con agua destilada, insertar la tapa firme y sumergir en un vaso lleno de agua destilada y colocar en baño a razón de 30 minutos, retirar el picnómetro del vaso y secar con un paño. Determinar la masa y designar con D. Determinar la densidad con la siguiente formula:

$$\rho_w = \frac{(C - A)}{B + (C - A) - D}$$

Donde:

A= Masa del picnómetro limpio y seco con su tapa (gr).

B= Masa del picnómetro calibrado con agua destilada (gr).

C= Masa del picnómetro con muestra de asfalto (gr).

D= Masa del picnómetro con muestra y agua destilada (gr).

3.3.2. Ensayos de caracterización de los agregados

3.3.2.1. Tamizado

Se agita una cantidad pesada de aproximadamente 2000 gr de áridos perfectamente secos sobre una serie de tamices con aberturas cuadradas. Los tamices están unidos de forma que el de mayor abertura está en la parte superior y los de aberturas sucesivamente más pequeñas están situadas debajo. Bajo el último tamiz se coloca una bandeja que recoge todo el material que pasa a través de él. La agitación se aplicó por medio de aparatos automáticos.

Se determina el peso retenido en cada tamiz y se expresa en porcentaje del peso de la muestra original.

Este procedimiento se lo realizó tanto para el agregado fino (Arena) como para el grueso (Gravilla) que generalmente son utilizados para tratamientos superficiales simples y dobles. Los tamices utilizados para determinar la granulometría de la gravilla son el 3/8", N° 4 y N° 8, y para determinar la granulometría de la arena son el tamiz N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200.

3.3.2.2. Equivalente de arena

Este ensayo indica la proporción relativa de polvo fino o materiales arcillosos perjudiciales contenidos en los áridos empleados en las mezclas asfálticas o tratamientos superficiales y determina el equivalente de arena. El ensayo se aplica a la fracción que pasa por el tamiz número 4.

Se debe preparar una solución de reserva compuesta por 454 gr de cloruro de calcio, 2050 gr de glicerina pura y 47 gr de formaldehído.

Para la solución de trabajo en el ensayo se debe diluir 93 cm³ de la solución en reserva con 4 litros de agua destilada.

Se obtiene una muestra representativa del material que pasa el tamiz número 4, se aparta 500 gr aproximadamente. Se llena el frasco de Mariotte con la solución manteniendo cerrada la pinza de Mohr. Se hace pasar la solución por medio del tubo lavador a la probeta cilíndrica hasta la división N° 50 (100 mm), se vierte en la probeta una medida de arena ya establecida. Se golpea la base del cilindro fuertemente con la mano sobre la base para desalojar el aire y se deja reposar por 10 minutos.

Al término de este periodo se tapa el cilindro y se sacude vigorosamente de uno a otro costado manteniéndolo horizontal, se efectúan 90 ciclos en más o menos 30 segundos. Se retira el tapón y se introduce el tubo lavador que limpiará las paredes, luego se sumerge el tubo lavando la arena para que los finos suban a la superficie, se va retirando el tubo limpiando las paredes y haciendo girar la probeta con la otra mano, cuando el nivel del líquido llegue a la lectura de 185 (370 mm), se levanta el tubo lavador hasta que el nivel alcance la división de 190 (380 mm). Se deja reposar 20 minutos. Al término de los 20 minutos se lee el nivel superior de finos

A continuación, se introduce en el cilindro un disco o pistón pesado de metal que se hace bajar hasta que descansa sobre la parte superior de la arena limpia y se lee la altura del nivel superior de la arena. Se llama equivalente de arena a la relación de la lectura correspondiente a la superficie superior de la arena a la correspondiente a la capa superior de la arcilla multiplicada por 100.

$$EA = \frac{\text{Lectura del nivel superior de la arena}}{\text{Lectura del nivel superior de los finos}} * 100$$

3.3.2.3. Ensayo de resistencia a los sulfatos

El ensayo de resistencia a los sulfatos da una indicación de la resistencia de los áridos finos y gruesos a los agentes atmosféricos. El ensayo se realiza con áridos que se utilizan para tratamientos superficiales, es decir para la arena y para la gravilla, que son los utilizados para el fin de este proyecto. Este ensayo mide la resistencia de los áridos a la disgregación por soluciones saturadas de sulfato de sodio.

Se debe clasificar los tamaños de las partículas, así para la gravilla se clasificaron partículas de 3/8", N° 4 y N° 8, y para la arena se clasificaron en los tamices N° 8 y N° 16, se toman muestras lavadas y secas de cada tamaño de entre 500 gr, 300 gr y 50 gr, y se los ponen en un frasco de vidrio sumergiéndolos con una solución saturada de sulfato de sodio, mezcla de 300 gr de sulfato de sodio con un litro de agua. Los recipientes están contruidos de tal forma que permiten la libre entrada y salida de la solución en la masa de la muestra sin pérdidas de áridos. Después de la inmersión a 24 hrs., se secan las muestras. Tras un número determinado de ciclos de inmersión y secado se determina por tamizado el porcentaje de pérdida de peso. La pérdida de peso para cada fracción granulométrica determina el porcentaje de pérdida resultado del ensayo.

3.3.2.4. Peso específico

Usualmente se determina el peso específico de los áridos por dos razones:

Para permitir el cálculo de los huecos de las mezclas asfálticas compactadas.

Para corregir las cantidades de áridas empleadas en una mezcla para pavimentación cuando su peso específico varía apreciablemente.

Se define el peso específico aparente como sigue: “Relación del peso en aire de un volumen dado de la porción impermeable de un material permeable (esto es, la materia sólida, incluyendo sus huecos o poros impermeables) a una temperatura determinada, al peso en aire del mismo volumen de agua destilada a temperatura determinada.”

Define el peso específico aparente con áridos saturados como sigue: “Relación del peso en aire de un volumen dado de un material permeable (incluyendo tanto los huecos permeables como los impermeables propios de la materia) a una temperatura dada, al peso en aire de igual volumen de agua destilada a temperatura dada.”

Como se ve por estas definiciones, la diferencia entre el peso específico aparente y el peso específico aparente con áridos saturados, indica la proporción de huecos permeables al agua de los áridos. Como el volumen medido para determinar el peso específico aparente con áridos saturados incluye los huecos impermeables, mientras que el volumen para el peso específico aparente es más pequeño que el empleado para el peso específico aparente con áridos saturados, si los áridos tienen huecos permeables. Si no existen tales huecos, ambos volúmenes son iguales.

Como el peso específico es una relación peso – volumen, se deduce que el peso específico aparente es mayor que el peso específico aparente con áridos saturados en áridos que contienen huecos permeables, y que ambos valores son iguales para áridos que no contienen huecos de este tipo. De esta forma, en áridos que contienen huecos permeables, la elección de uno u otro tipo de peso específico puede tener un efecto apreciable sobre la proporción de huecos calculada en una mezcla asfáltica compactada.

En los métodos AASHTO T85 y ASTM C127 se fijan los aparatos y procedimientos para determinar los pesos específicos aparente y aparente con áridos saturados de los áridos gruesos. Para los áridos finos se siguen los procedimientos de los métodos AASHTO T84 y ASTM C128.

3.3.2.5. Peso unitario

El peso unitario de unos áridos dados puede determinarse sobre volumen suelto o sobre volumen compactado. Para ello se emplea un recipiente cilíndrico de volumen conocido. Los volúmenes empleados, varían según el tamaño de los áridos ensayados. Para el ensayo realizado en este proyecto se utilizó un volumen de 2776 cm³. Para medir el peso unitario con áridos sueltos se llena el recipiente por un procedimiento normalizado y se determina el peso de los áridos contenidos en el recipiente lleno. Para medir el peso compactado se llena el recipiente en tres capas aproximadamente iguales, aplicando a cada capa determinados procedimientos de agitación o apisonado según el tamaño de los áridos empleados en el ensayo. Los aparatos y procedimientos se detallan en los métodos AASHTO T19 y ASTM c29. Normalmente se emplea el material compactado el peso unitario como indicación de la calidad de la escoria machacada. Las escorias más pesadas tienden a ser menos porosas y más resistentes que las que tienen pesos unitarios inferiores.

3.3.3. Ensayo de control de riego de imprimación

3.3.3.1. Destilación

El ensayo de destilación se emplea para determinar las proporciones relativas de betún asfáltico y disolventes presentes en el asfalto fluidificado.

Para este proyecto se decidió emplear como riego imprimante los asfaltos cortados tipo MC-30, asfaltos cortados de curado medio, utilizando como solvente kerosene.

Las cantidades de cemento asfáltico y solvente empleados en la fabricación de los asfaltos cortados varían de acuerdo con las características de sus componentes, así para el tipo MC-30, se requiere una medida aproximada en volumen de 52 % de asfalto y 48 % de solvente. Se preparó una muestra de 500 ml, utilizando 260 ml (52 %) de asfalto y 240 ml (48 %) de kerosene. Una vez diluidos los componentes, se procedió a colocar la cantidad de 200 ml de asfalto fluidificado en un matraz de destilación que está conectado a un condensador. El asfalto fluidificado se calienta gradualmente hasta una temperatura de aproximadamente 260 ° C, por el tubo condensador se va observando como circula el solvente y cae a un contenedor del residuo, cuando se alcanza la temperatura establecida y deja de caer el solvente de la muestra, se mide la cantidad de residuo de destilación y se expresa como porcentaje en volumen de la muestra original.

Porcentaje de residuo asfáltico:

$$R = \left[\frac{200 - DT}{200} \right] * 100$$

Porcentaje de destilado total:

$$DT\% = \left(\frac{DT}{200} \right) * 100$$

3.4. DISEÑO DE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES SIMPLE Y DOBLE

3.4.1. Preparación de la superficie

Para el armado de las briquetas se considera hacer una simulación de un tratamiento directo para lo cual con el material extraído del terreno del tramo Canaletas – Narváez, se propuso armar 9 moldes con una capa de aproximadamente 8 cm de espesor, para luego realizar el tratamiento superficial simple y doble.

Se preparó el suelo con la humedad óptima ya calculada anteriormente para que este adquiriera su densidad máxima y poder así armar lo que son las briquetas. Con el equipo de compactado para los ensayos de Marshall se procedió a compactar el suelo con el material del ripiado a 56 golpes, se determinó adoptar un espesor aproximado de 7 a 8 cm. Posteriormente se extrajeron 9 núcleos (3 para riegos, 3 para tratamiento superficial simple, 3 para tratamiento superficial doble) se deja secar los núcleos por 24 horas.

Pasadas las 24 horas, se debe asegurar que la superficie esté seca, se quitara la suciedad suelta para proceder a la imprimación.

3.4.2. Aplicación del riego de imprimación

Como imprimante se utilizará el tipo de asfaltos cortados MC-30 de curado medio, puesto que son más recomendables para superficies con textura cerrada, en donde la absorción de la base generalmente se empieza a notar a las 24 horas, el tiempo de curado es de 48 horas, en donde el riego podrá penetrar correctamente por todos los espacios abiertos y poros, adquiriendo mejor adherencia entre la capa base y el tratamiento simple y doble.

En imprimación no se recomienda el empleo de asfaltos cortados de curado rápido debido a una penetración imperfecta del asfalto en la base.

Las cantidades de cemento asfáltico y solvente empleado, que en este caso para el tipo MC-30 es el kerosene, en la fabricación de los asfaltos cortados, son según especificación del departamento técnico de asfaltos Chilenos S.A., 52 % de Asfalto y 48 % de solvente (kerosene).

La tasa de aplicación del riego de imprimación varía entre 1,00 a 2,00 lt/m² debiendo ser determinada experimentalmente en terreno según la absorción de la base. Este riego varía de acuerdo al tamaño de los áridos utilizados en el tratamiento. Así para el tratamiento superficial simple se utiliza un riego de entre 0,50 a 0,70 lt/m², y para el tratamiento superficial doble de 1,00 a 1,40 lt/m²; para las briquetas se eligió por recomendaciones utilizar 0,60 lt/m² para tratamiento simple y 1,20 lt/m² para tratamiento doble, pero como el área de las briquetas es menor se determinó la cantidad necesaria para esa área.

3.4.3. Tratamiento superficial simple

Para el tratamiento superficial simple se determinó utilizar como agregado la arena dotada por la alcaldía de Tarija, utilizar la dosificación recomendada por el manual del asfalto “The Asphalt Institute”, ediciones Urmo, en donde se indica que para la línea de arenas (tamiz N° 4 a N° 200), se deberá utilizar desde 5 a 8 kilos de áridos por m², y de 0.5 a 0.7 litros de asfalto por m².

Para las briquetas destinadas a tratamiento superficial simple, se determinó el área de la biqueta y se preparó el riego MC-30 a una temperatura de 60 °C, se procedió a realizar el riego de imprimación en caliente a razón de 0,60 lt/m² y la aplicación del agregado de arena de grano uniforme, a razón de 6,00 kg/m², se distribuye uniformemente por toda el área superficial y se plancha con un rodillo pequeño hasta que la superficie quede plana y compacta.

Esta carpeta asfáltica es aconsejable para tránsito inferior a 200 vehículos por día.

3.4.4. Tratamiento superficial doble

Sobre la base ya conformada, impregnada y seca, se da un riego de producto asfáltico del tipo MC-30 a razón de 1,20 lt/m² a una temperatura de 60 °C, inmediatamente se cubre con material pétreo de la línea ¾” a N° 8 (Gravilla) a razón de 16 – 24 kg/m², se distribuye en toda la superficie de la biqueta y se plancha con un rodillo pequeño. Dos días después se barre y se le da un nuevo riego de producto asfáltico tipo MC-30 en una cantidad de 1.2 lt/m² y se cubre inmediatamente con arena de grano uniforme, clasificada entre las mallas N° 4 y N° 200, en una cantidad de 7 kg/m², se rastrea para uniformar la superficie y se plancha con el rodillo pequeño. Tras pasar los días y con permanente pasado del rodillo la superficie va quedando más compacta y uniforme. Este tipo de carpeta asfáltica es aconsejable para un tránsito inferior a 600 vehículos por día.

3.4.5. Curva carga- penetración para tratamientos superficiales

Con los anteriores procedimientos se realizaron 9 briquetas, 3 conformadas con la capa base y riego de imprimación, 3 con diseño de tratamiento superficial simple y 3 con el diseño de tratamiento superficial doble.

Posteriormente, una vez terminado el proceso de secado y compactado, se llevaron cada una de las briquetas a la prensa de CBR, para determinar la carga que soportan a una deformación de 0, 1 y 0, 2 pulgadas.

Con estas cargas se logrará verificar el comportamiento del suelo solo con riego de imprimación, el comportamiento con tratamiento superficial simple y el comportamiento con tratamiento superficial doble, para luego comparar y analizar la influencia que tienen los tratamientos superficiales sobre una capa base.

CAPÍTULO IV

APLICACIÓN PRÁCTICA DE LA EVALUACIÓN DEL TRAMO NO PAVIMENTADO, CONDICIÓN Y DISEÑO DE TRATAMIENTO DIRECTO

4.1. EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL (MÉTODO URCI)

4.1.1. Cálculo del URCI desde resultados de inspección

Tramo 1: Progresiva 0+088 – 0+120

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Cantidad de falla}}{\text{Área de unidad de muestra}} * 100$$

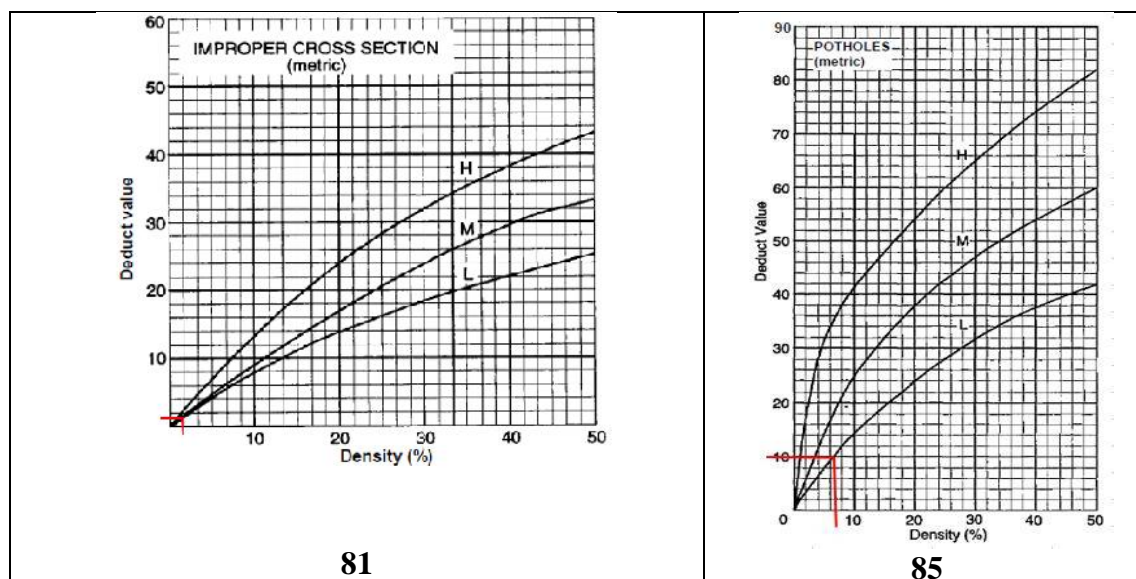
DATOS:

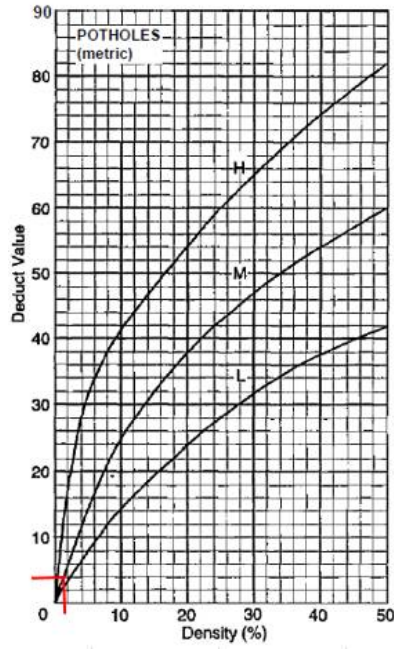
Ancho de calzada = 6,50 m

Unidad muestral = 40,00 m

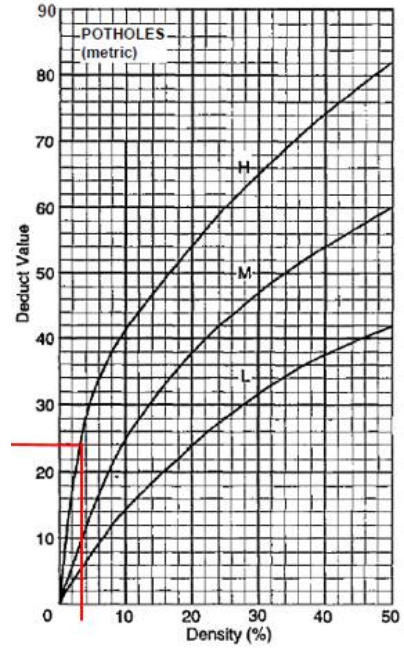
Área de unidad de muestra = 260,00 m²

Nº	TIPO DE SOCORRO	MEDICIÓN			DENSIDAD			VALOR DEDUC. (CURVAS)
		CANTIDAD Y GRAVEDAD			L	M	H	
		L	M	H				
81	Sección transversal inadecuada (ml)	3,80			1,46			1,80
82	Drenaje lateral inadecuado (ml)							
83	Corrugaciones (m2)							
84	Polvo		X					4,00
85	Huecos o baches (número)	19,00	4,00	10,00	7,31	1,54	3,85	10,00; 4,00; 24,00
86	Huellas (m2)		7,20			2,77		6,00
87	Agregado suelto (ml)							
TOTAL								49,80
q > 5								3
URCI								69,00
CALIFICACIÓN								BUENO

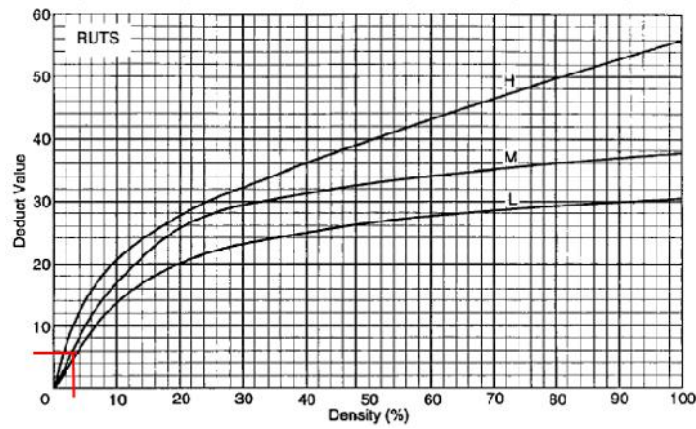




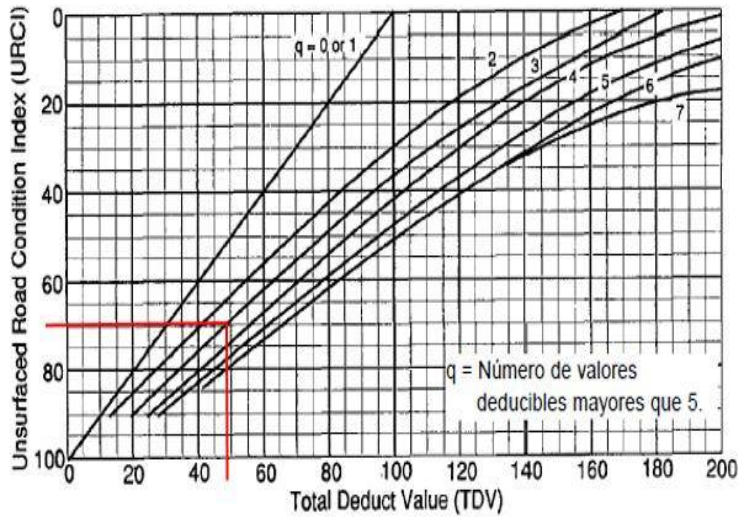
85



85



86



URCI

URCI	CLASIFICACION
100	Excelente
85	Muy Buena
70	Buena
55	Justa
40	Pobre
25	Muy Pobre
10	Falló
0	

Tramo 2: Progresiva 1+916 – 1+956

$$Densidad = \frac{Cantidad\ de\ falla}{\text{Área de unidad de muestra}} * 100$$

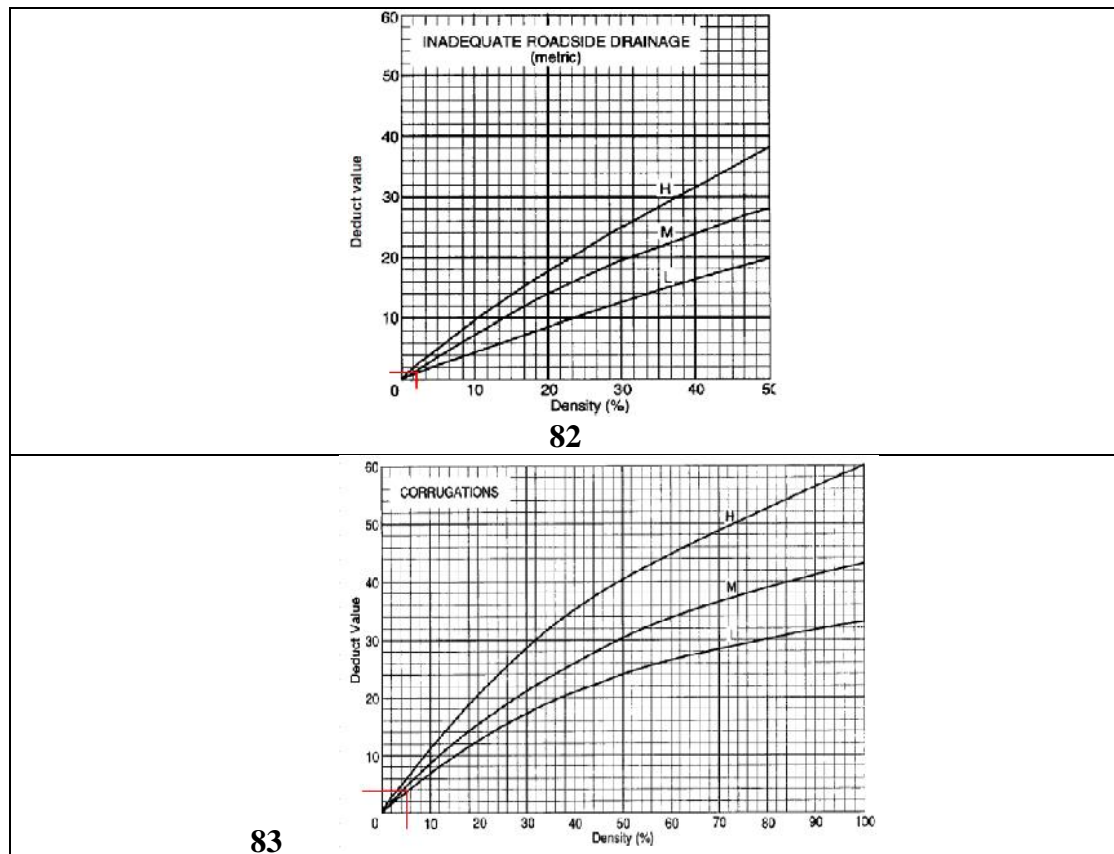
DATOS:

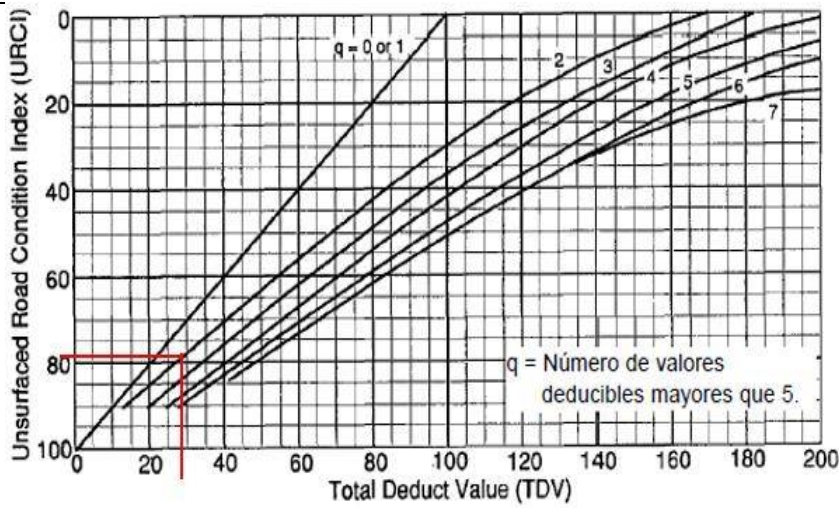
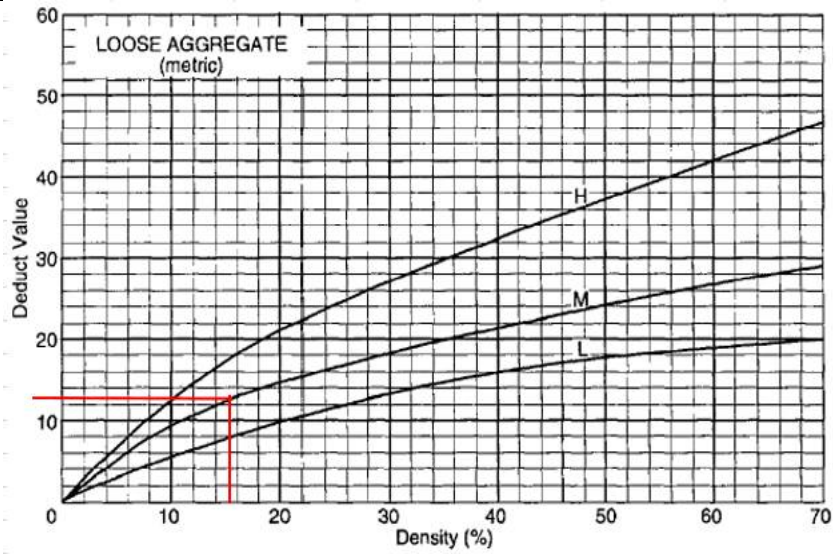
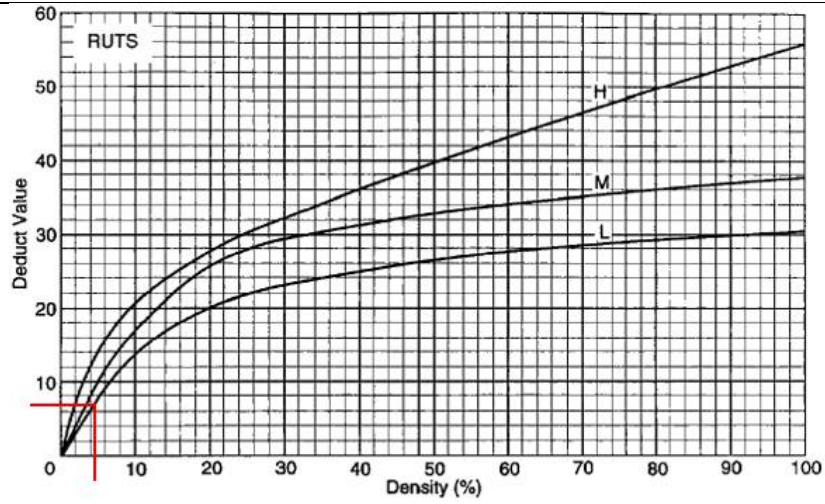
Ancho de calzada = 6,50 m

Unidad muestral = 40,00 m

Área de unidad de muestra = 260,00 m²

N°	TIPO DE SOCORRO	MEDICIÓN CANTIDAD Y GRAVEDAD			DENSIDAD			VALOR DEDUC.
		L	M	H	L	M	H	
		81	Sección transversal inadecuada (ml)					
82	Drenaje lateral inadecuado (ml)	5,00			1,92			1,70
83	Corrugaciones (m2)	14,00			5,38			4,00
84	Polvo		X					4,00
85	Huecos o baches (número)							
86	Huellas (m2)	12,00			4,62			6,80
87	Agregado suelto (ml)		40,00			15,40		12,50
TOTAL								29,00
q > 5								2
URCI								79,00
CALIFICACIÓN								MUY BUENO





URCI	CLASIFICACION
100	Excelencia
85	Muy Buena
70	Buena
55	Justa
40	Pobre
25	Muy Pobre
10	Falló
0	

URCI

Tramo 3: Progresiva 2+563 – 2+603

$$Densidad = \frac{Cantidad\ de\ falla}{\text{Área de unidad de muestra}} * 100$$

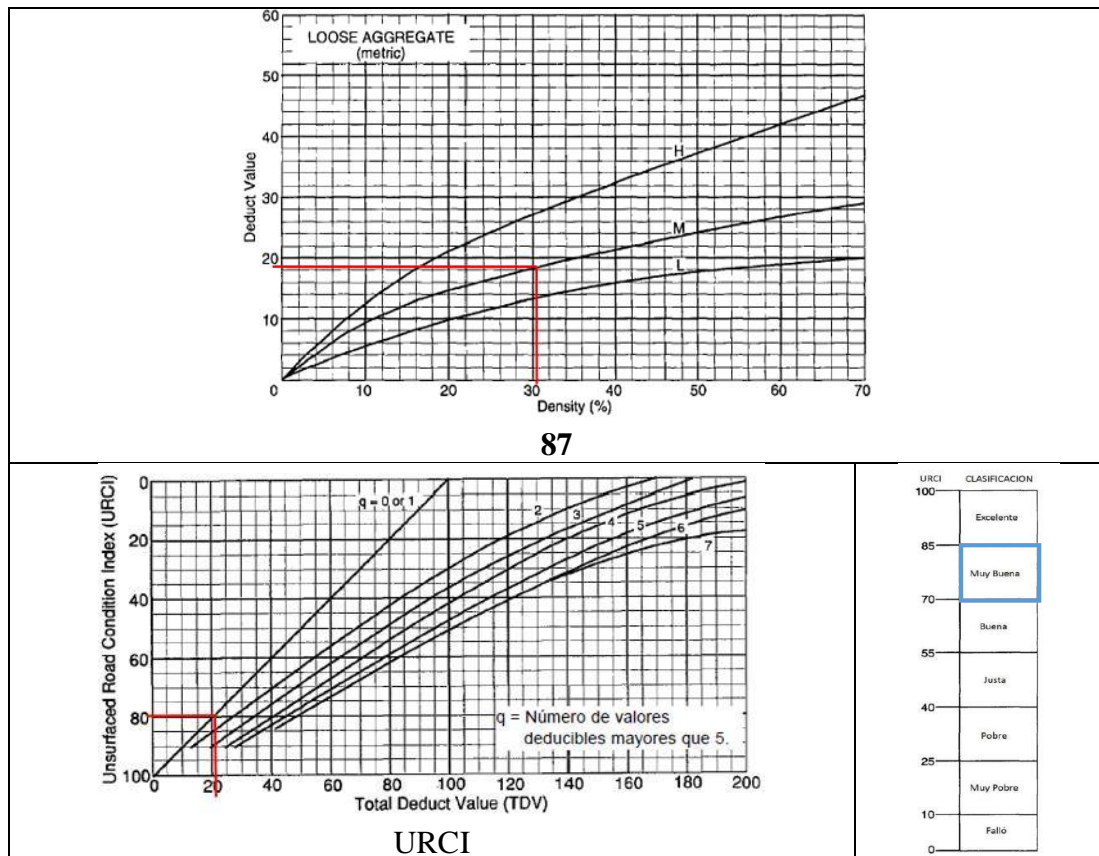
DATOS:

Ancho de calzada = 6,50 m

Unidad muestral = 40,00 m

Área de unidad de muestra = 260,00 m²

N°	TIPO DE SOCORRO	MEDICIÓN CANTIDAD Y GRAVEDAD			DENSIDAD			VALOR DEDUC.
		L	M	H	L	M	H	
		81	Sección transversal inadecuada (ml)					
82	Drenaje lateral inadecuado (ml)							
83	Corrugaciones (m2)							
84	Polvo		X				4,00	
85	Huecos o baches (número)							
86	Huellas (m2)							
87	Agregado suelto (ml)		80,00			30,80	18,40	
TOTAL							22,40	
q > 5							1	
URCI							80,00	
CALIFICACIÓN							MUY BUENO	



Tramo 4: Progresiva 3+338 – 3+378

$$Densidad = \frac{Cantidad\ de\ falla}{\text{Área de unidad de muestra}} * 100$$

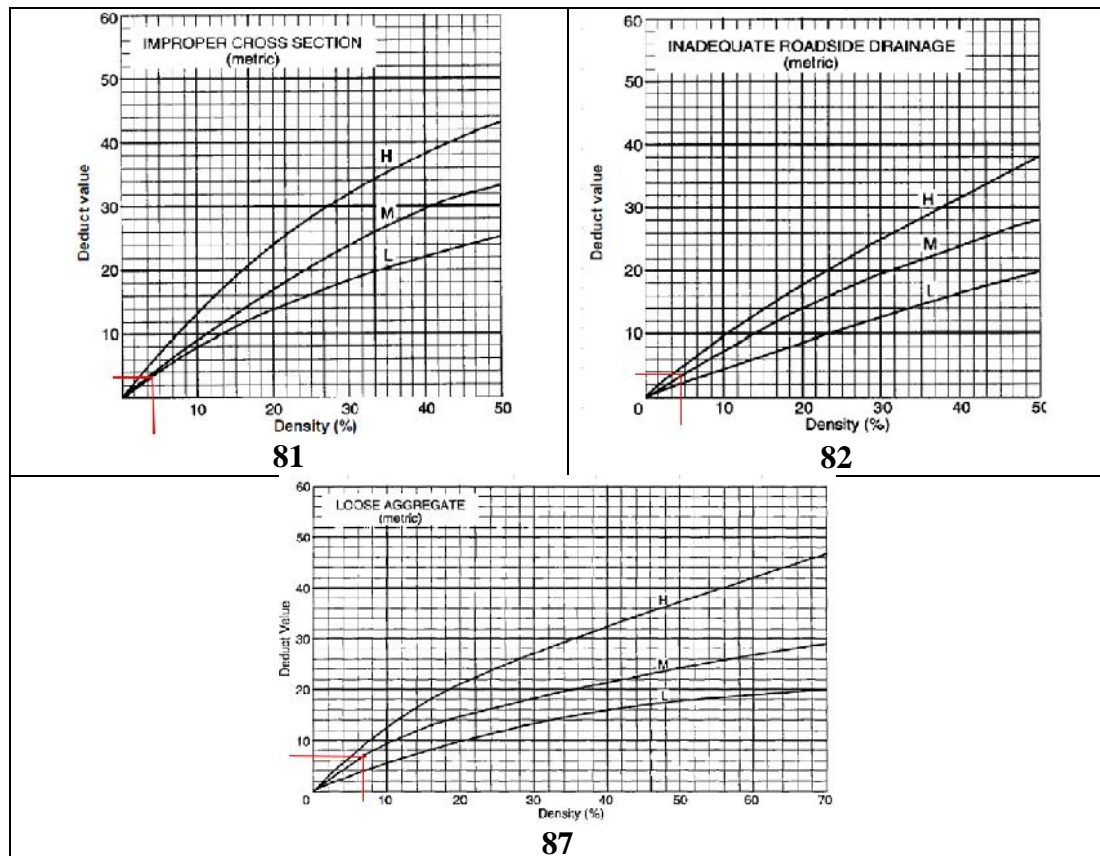
DATOS:

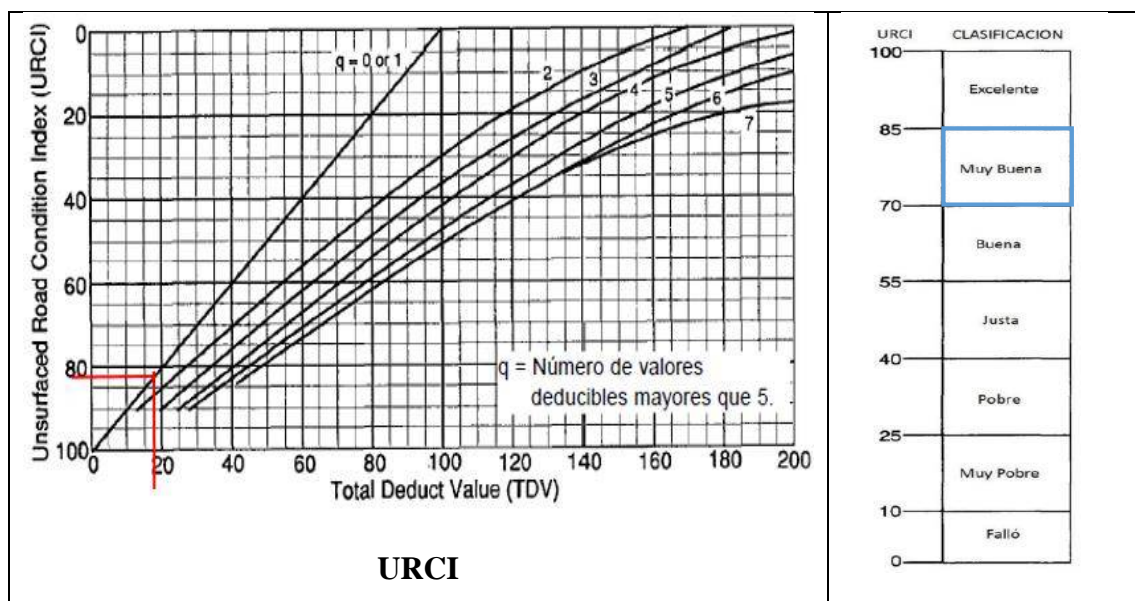
Ancho de calzada = 6,50 m

Unidad muestral = 40,00 m

Área de unidad de muestra = 260,00 m²

N°	TIPO DE SOCORRO	MEDICIÓN CANTIDAD Y GRAVEDAD			DENSIDAD			VALOR DEDUC.
		L	M	H	L	M	H	
		81	Sección transversal inadecuada (ml)	10,00			3,85	
82	Drenaje lateral inadecuado (ml)		11,00			4,23		3,90
83	Corrugaciones (m2)							
84	Polvo		X					4,00
85	Huecos o baches (número)							
86	Huellas (m2)							
87	Agregado suelto (ml)		16,00			6,15		6,80
TOTAL								18,50
q > 5								1
URCI								82,00
CALIFICACIÓN								MUY BUENO





Tramo 5: Progresiva 4+960 – 5+000

$$Densidad = \frac{Cantidad\ de\ falla}{\text{Área de unidad de muestra}} * 100$$

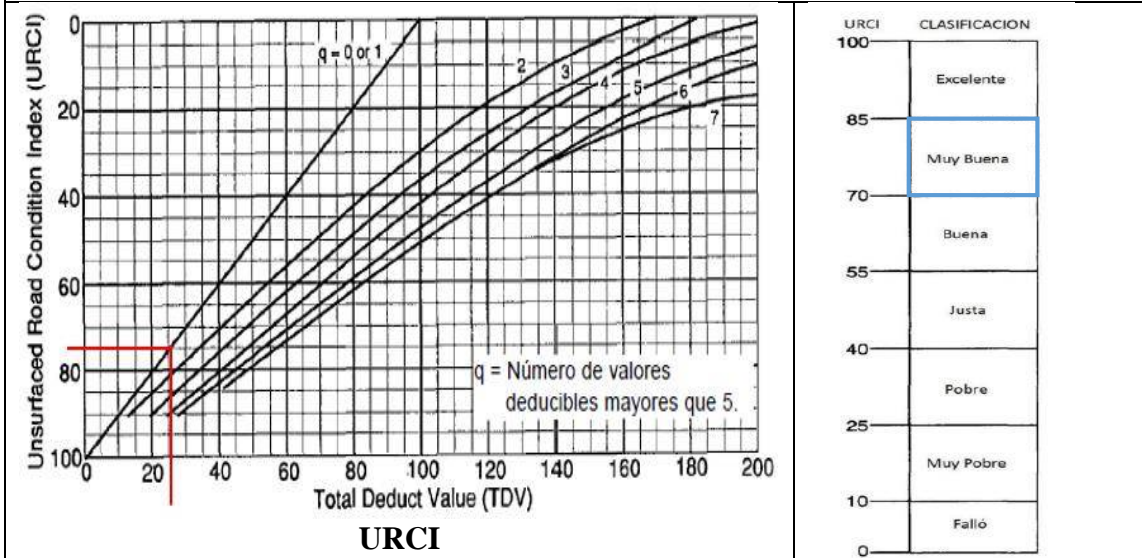
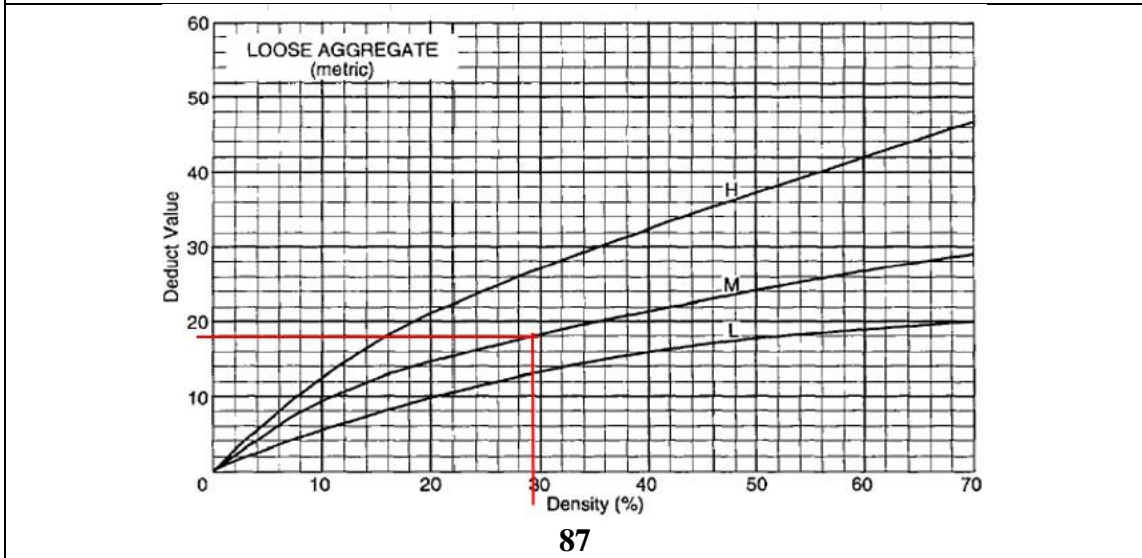
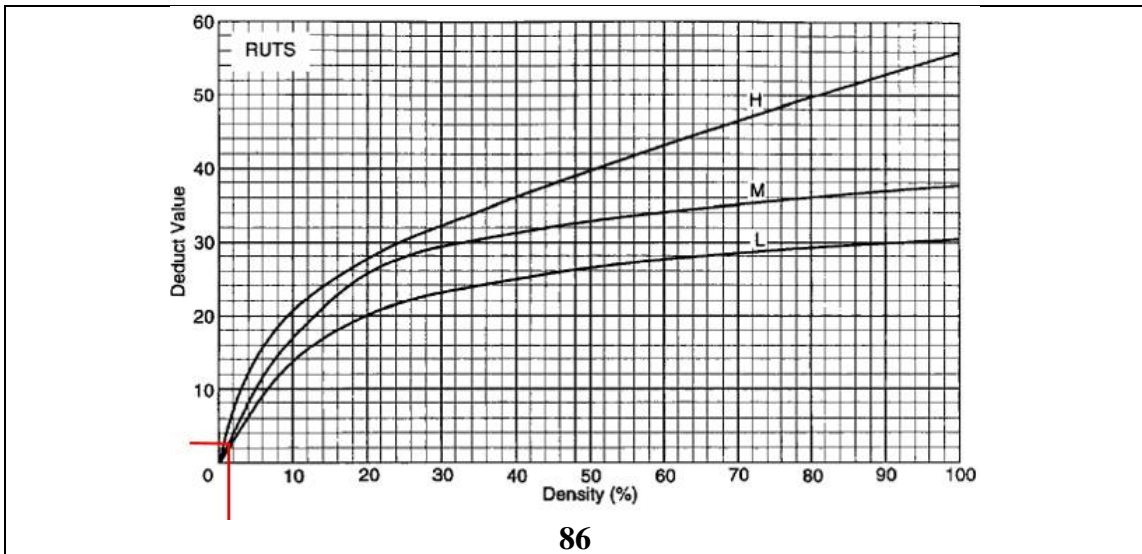
DATOS:

Ancho de calzada = 6,50 m

Unidad muestral = 40,00 m

Área de unidad de muestra = 260,00 m²

N°	TIPO DE SOCORRO	MEDICIÓN			DENSIDAD			VALOR DEDUC.
		CANTIDAD Y GRAVEDAD			L	M	H	
		L	M	H				
81	Sección transversal inadecuada (ml)							
82	Drenaje lateral inadecuado (ml)							
83	Corrugaciones (m2)							
84	Polvo		X					4,00
85	Huecos o baches (número)							
86	Huellas (m2)		3,60			1,38		3,70
87	Agregado suelto (ml)		76,00			29,20		18,00
TOTAL								25,70
q > 5								1
URCI								75,00
CALIFICACIÓN								MUY BUENO



Tramo 6: Progresiva 5+940 – 5+980

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Cantidad de falla}}{\text{Área de unidad de muestra}} * 100$$

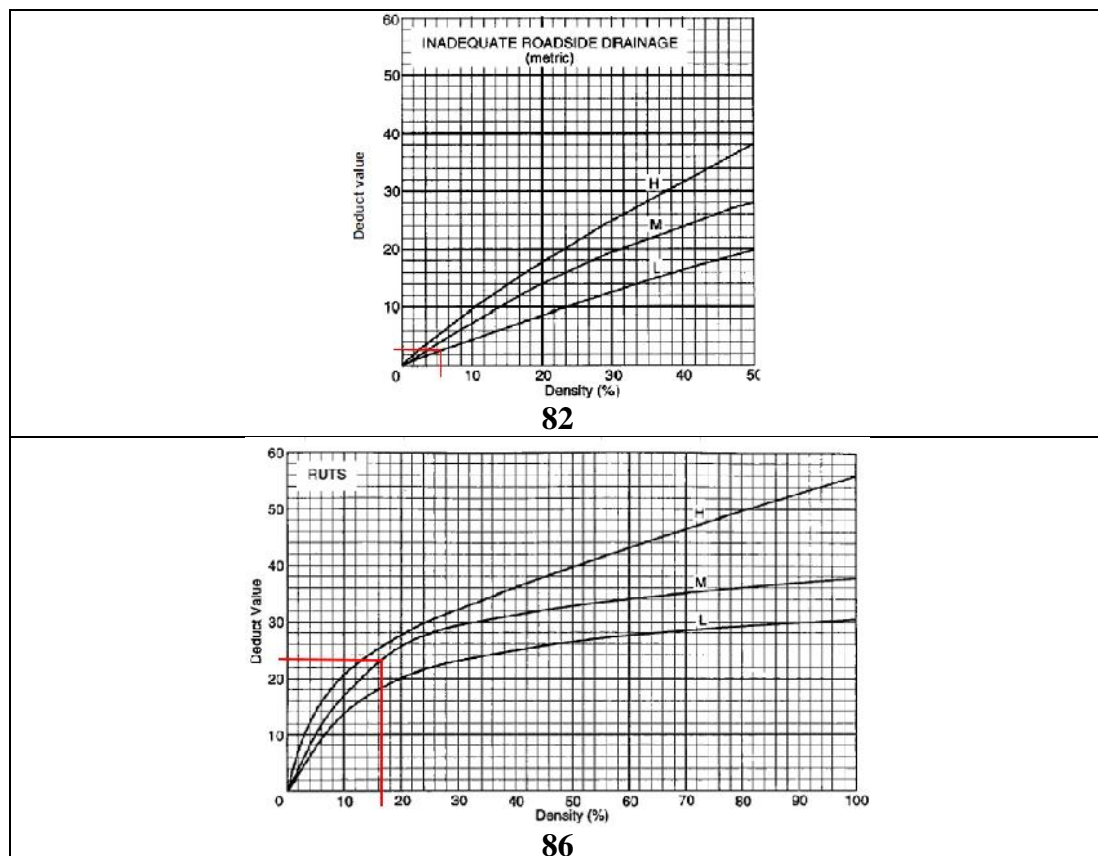
DATOS:

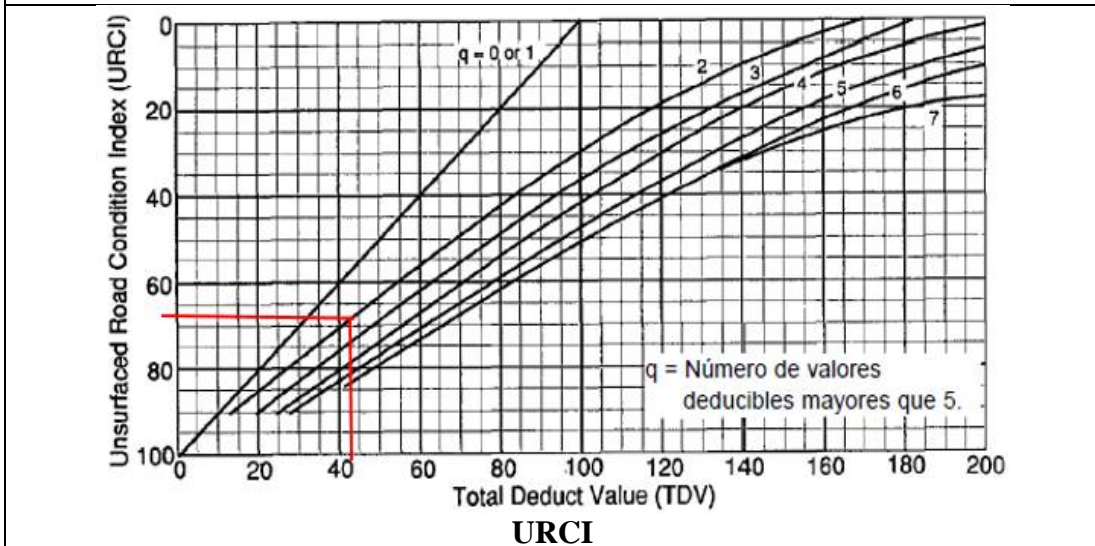
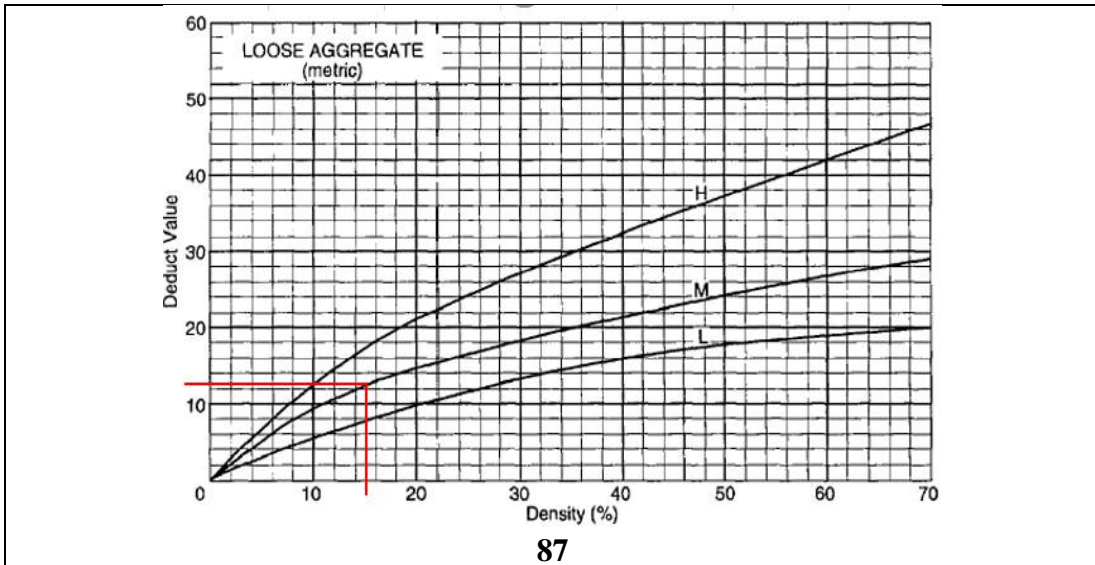
Ancho de calzada = 6,50 m

Unidad muestral = 40,00 m

Área de unidad de muestra = 260,00 m²

N°	TIPO DE SOCORRO	MEDICIÓN CANTIDAD Y GRAVEDAD			DENSIDAD			VALOR DEDUC.
		L	M	H	L	M	H	
		81	Sección transversal inadecuada (ml)					
82	Drenaje lateral inadecuado (ml)	14,00			5,38			2,80
83	Corrugaciones (m2)							
84	Polvo		X					4,00
85	Huecos o baches (número)							
86	Huellas (m2)		42,00			16,20		23,80
87	Agregado suelto (ml)		40,00			15,40		12,30
TOTAL								42,90
q > 5								2
URCI								68,00
CALIFICACIÓN								BUENO





URCI	CLASIFICACION
100	Excelente
85	Muy Buena
70	Buena
55	Justa
40	Pobre
25	Muy Pobre
10	Falló
0	

Tramo 7: Progresiva 6+507 – 6+547

$$Densidad = \frac{\text{Cantidad de falla}}{\text{Área de unidad de muestra}} * 100$$

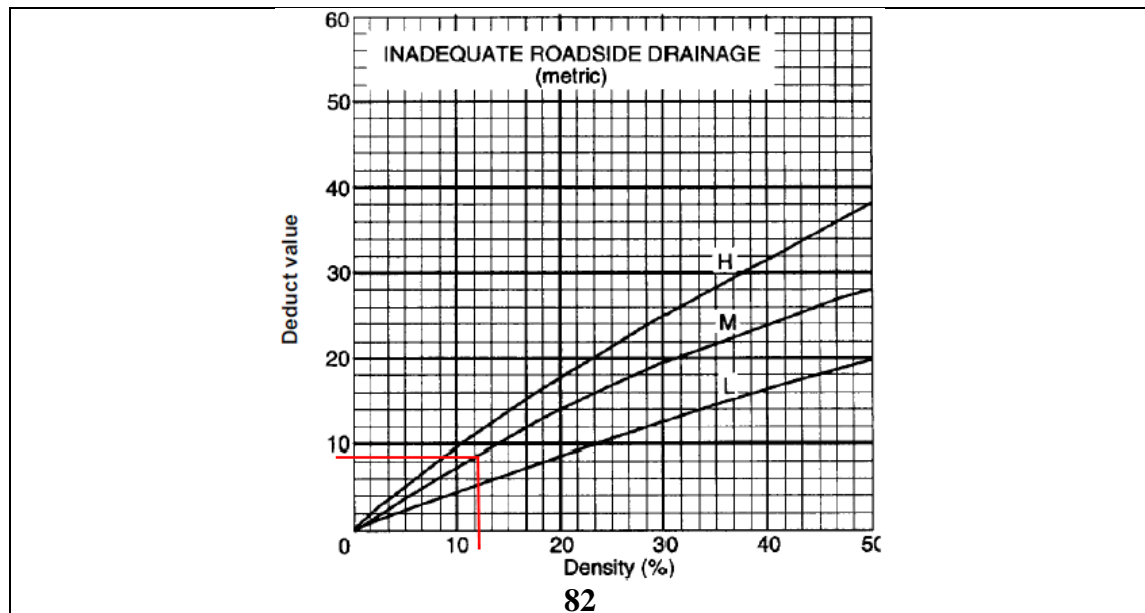
DATOS:

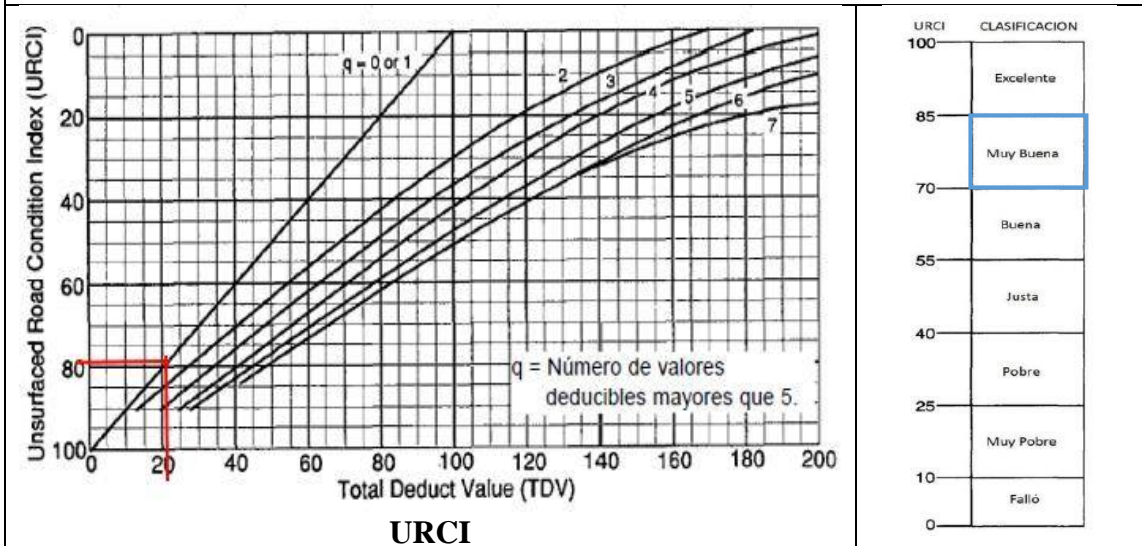
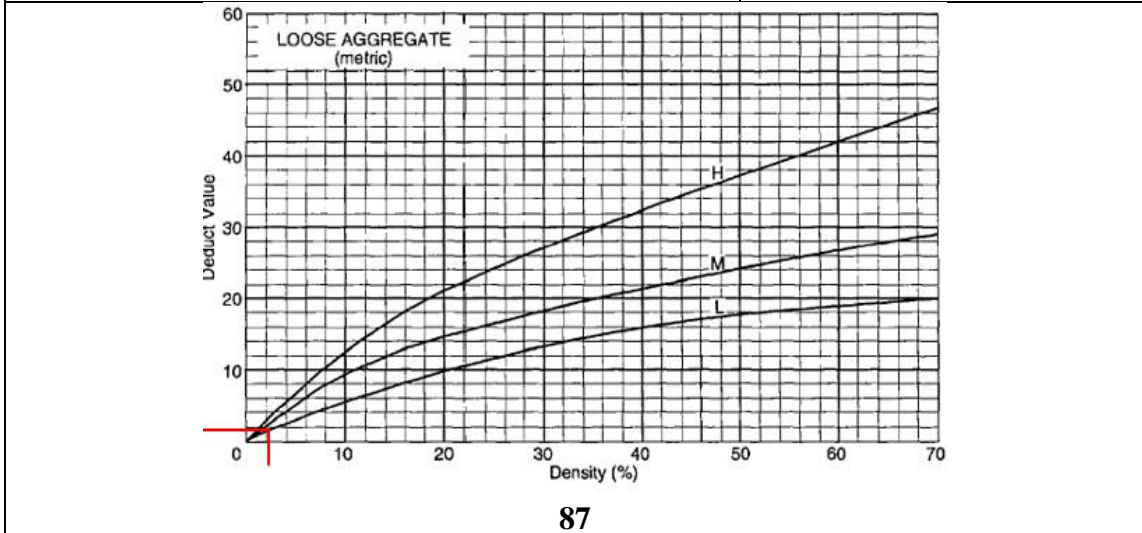
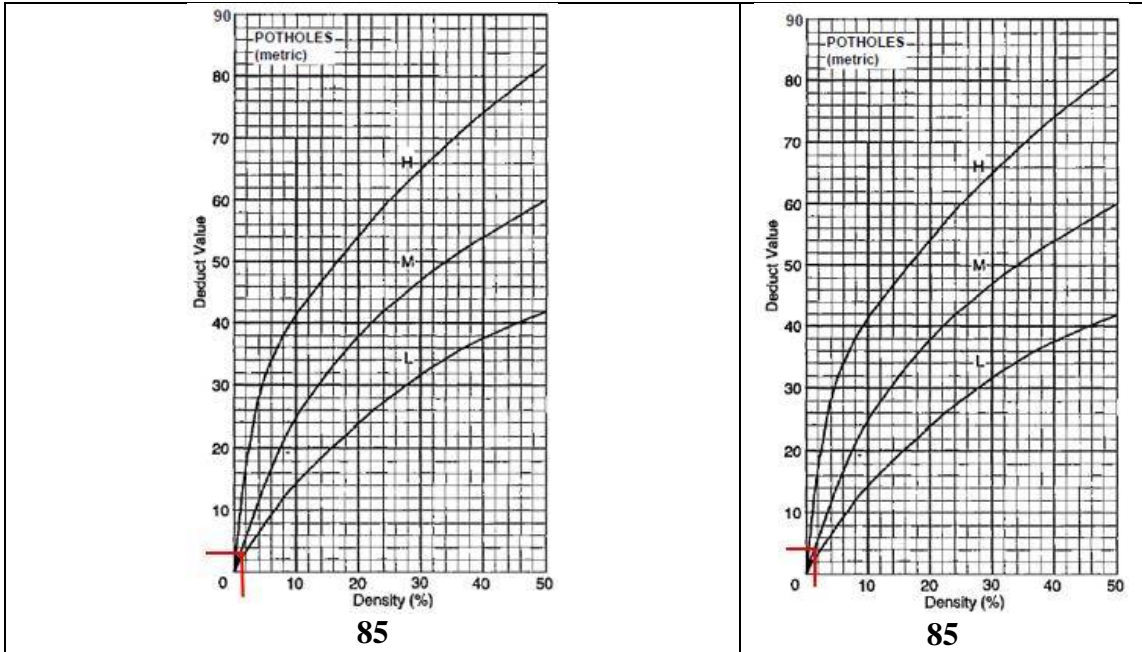
Ancho de calzada = 6,00 m

Unidad muestral = 40,00 m

Área de unidad de muestra = 240,00 m²

N°	TIPO DE SOCORRO	MEDICIÓN			DENSIDAD			VALOR DEDUC.
		CANTIDAD Y GRAVEDAD			L	M	H	
		L	M	H				
81	Sección transversal inadecuada (ml)							
82	Drenaje lateral inadecuado (ml)		30,00			12,50	8,20	
83	Corrugaciones (m ²)							
84	Polvo		X				4,00	
85	Huecos o baches (número)	4,00	3,00		1,67	1,25	3,00; 4,00	
86	Huellas (m ²)							
87	Agregado suelto (ml)	5,00			2,08		1,90	
TOTAL							21,10	
q > 5							1	
URCI							79,00	
CALIFICACIÓN							MUY BUENO	





URCI	CLASIFICACION
100	Excelente
85	Muy Buena
70	Buena
55	Justa
40	Pobre
25	Muy Pobre
10	Falló
0	

Tramo 8: Progresiva 7+740 – 7+780

$$Densidad = \frac{Cantidad\ de\ falla}{\text{Área de unidad de muestra}} * 100$$

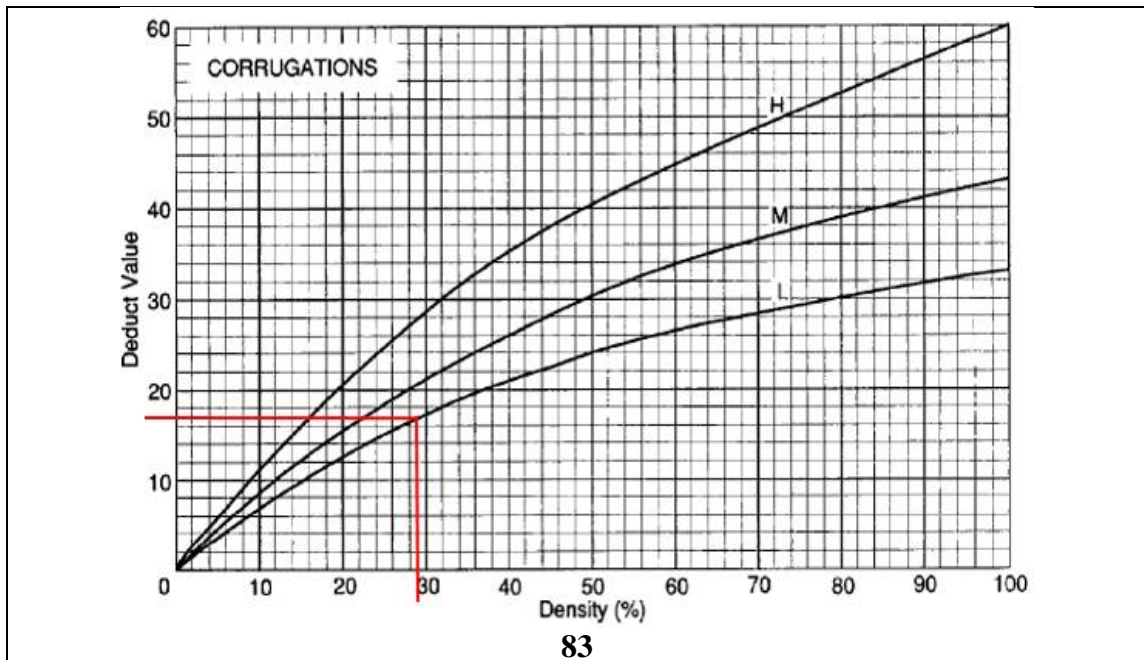
DATOS:

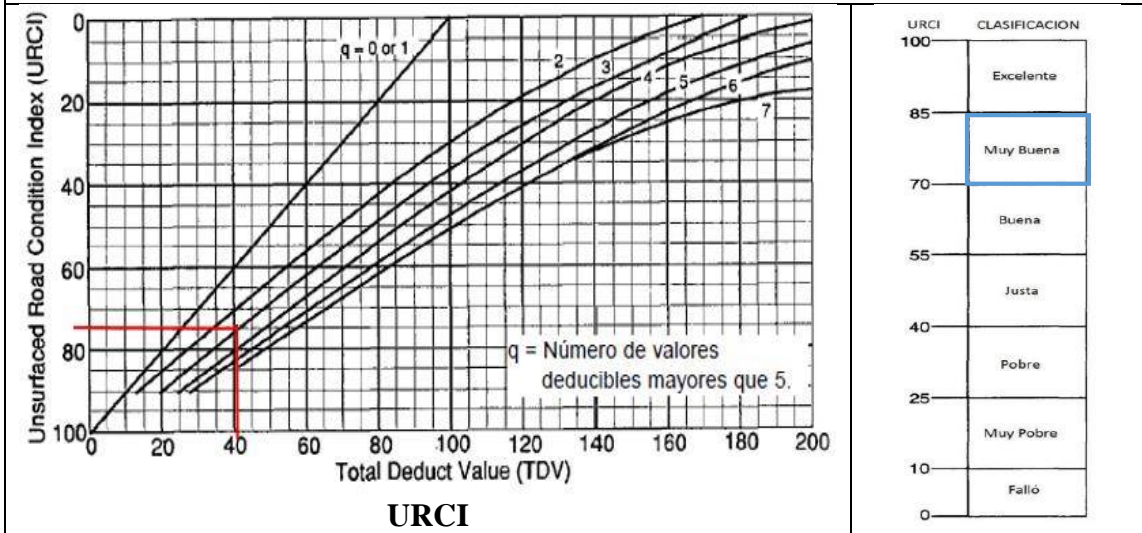
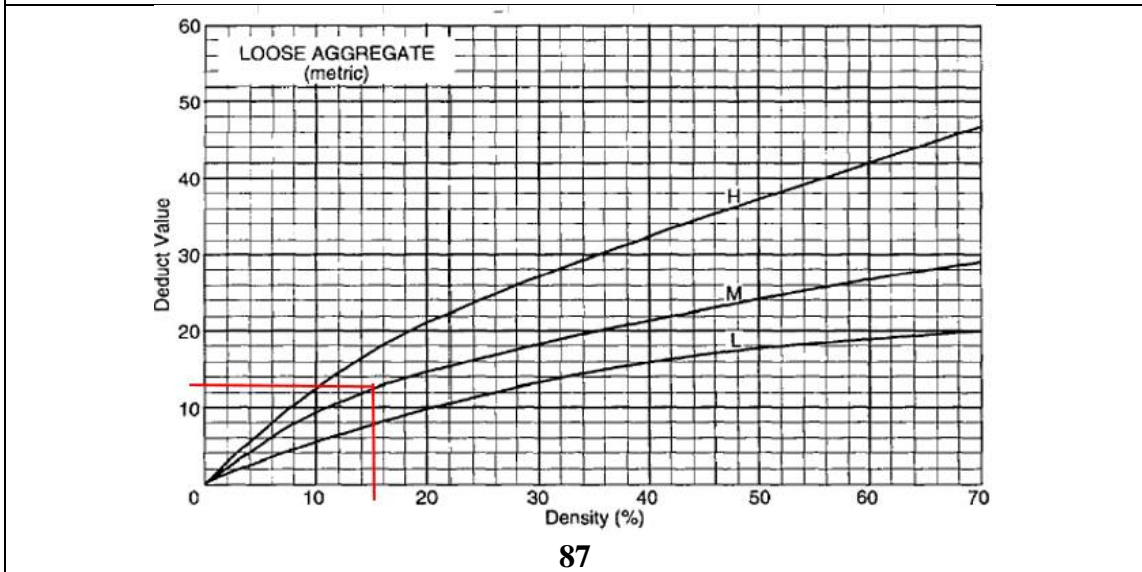
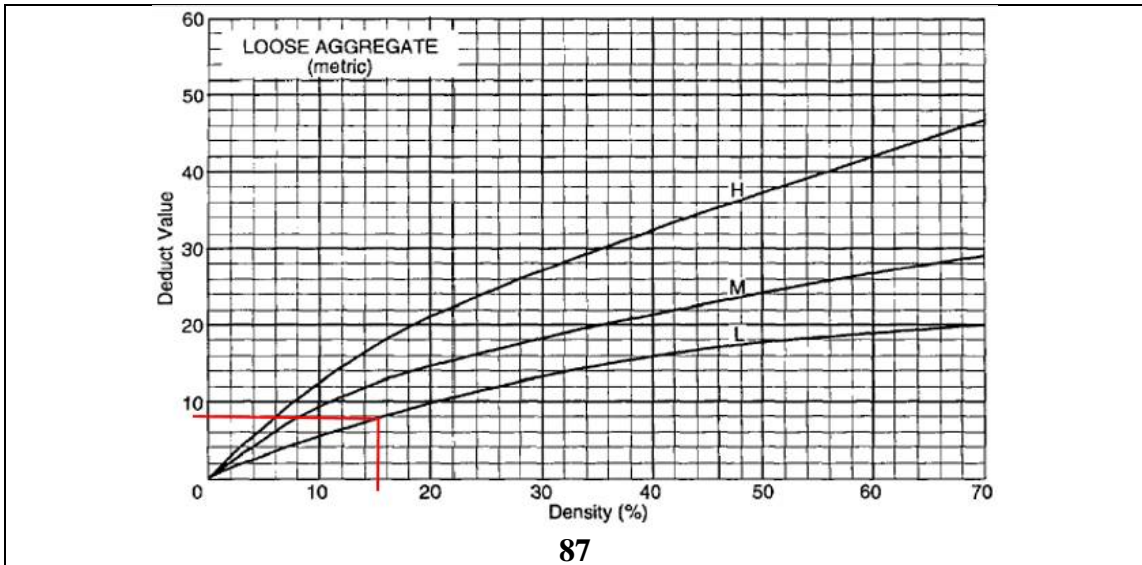
Ancho de calzada = 6,50 m

Unidad muestral = 40,00 m

Área de unidad de muestra = 260,00 m²

N°	TIPO DE SOCORRO	MEDICIÓN			DENSIDAD			VALOR DEDUC.
		CANTIDAD Y GRAVEDAD			L	M	H	
		L	M	H				
81	Sección transversal inadecuada (ml)							
82	Drenaje lateral inadecuado (ml)							
83	Corrugaciones (m2)	76,00			29,20		16,90	
84	Polvo		X				4,00	
85	Huecos o baches (número)							
86	Huellas (m2)							
87	Agregado suelto (ml)	40,00	40,00		15,40	15,40	8,00; 12,80	
TOTAL								41,70
q > 5								3
URCI								75,00
CALIFICACIÓN								MUY BUENO





Tramo 9: Progresiva 8+550 – 8+590

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Cantidad de falla}}{\text{Área de unidad de muestra}} * 100$$

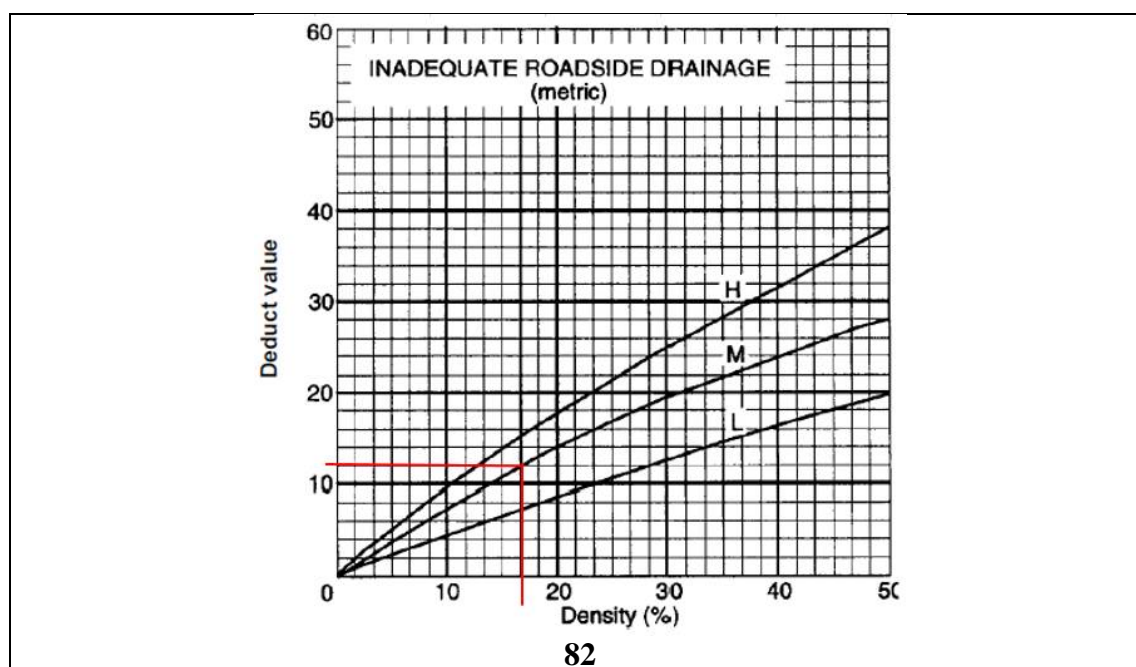
DATOS:

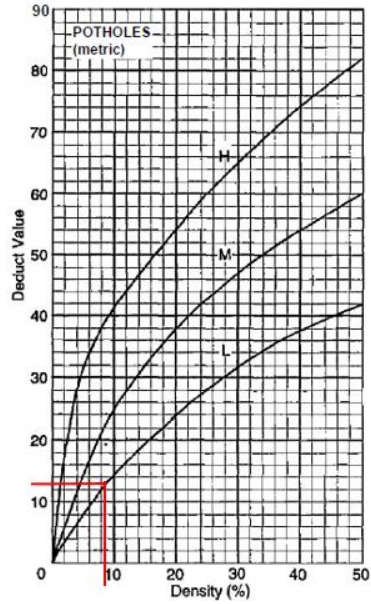
Ancho de calzada = 6,00 m

Unidad muestral = 40,00 m

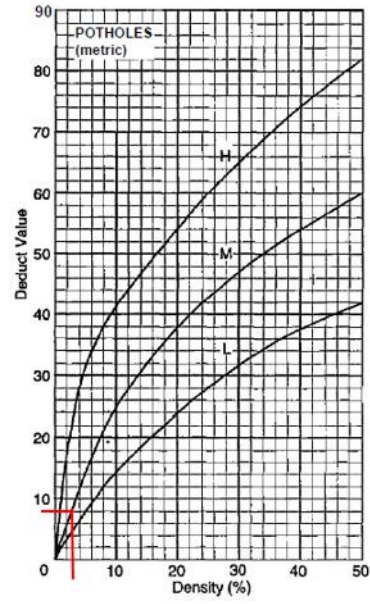
Área de unidad de muestra = 240,00 m²

N°	TIPO DE SOCORRO	MEDICIÓN			DENSIDAD			VALOR DEDUC.
		CANTIDAD Y GRAVEDAD			L	M	H	
		L	M	H				
81	Sección transversal inadecuada (ml)							
82	Drenaje lateral inadecuado (ml)		40,00		16,70		12,00	
83	Corrugaciones (m2)							
84	Polvo		X				4,00	
85	Huecos o baches (número)	21,00	7,00		8,75	2,92	13,80; 8,00	
86	Huellas (m2)	5,70			2,38		3,90	
87	Agregado suelto (ml)	80,00			33,3		14,00	
TOTAL							55,70	
q > 5							4	
URCI							68,00	
CALIFICACIÓN							BUENO	

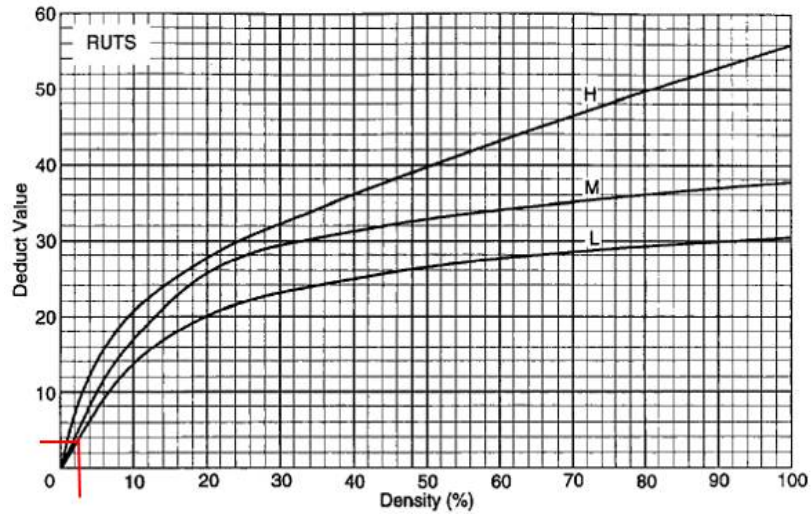




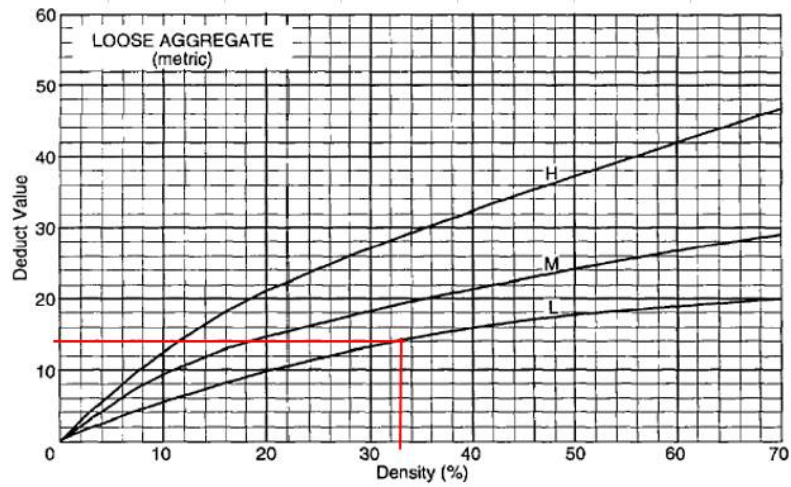
85



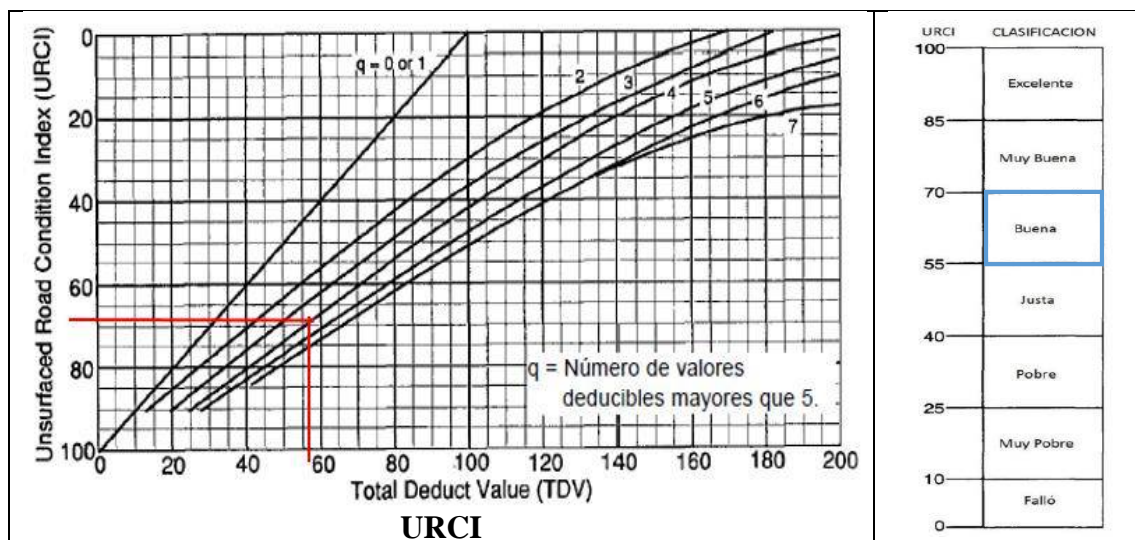
85



86



87



Tramo 10: Progresiva 9+828 – 9+868

$$Densidad = \frac{\text{Cantidad de falla}}{\text{Área de unidad de muestra}} * 100$$

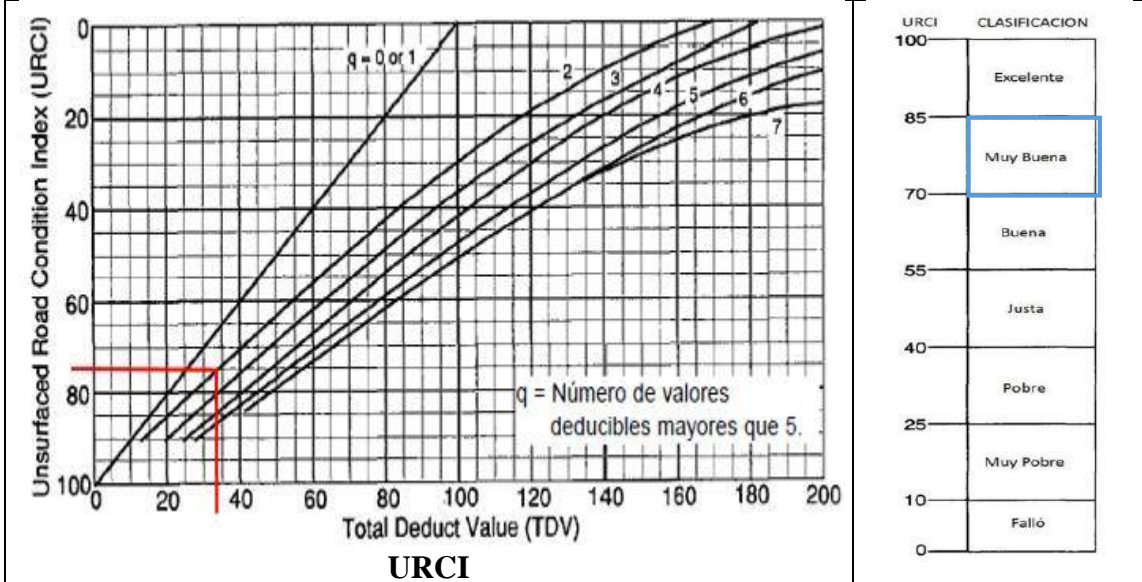
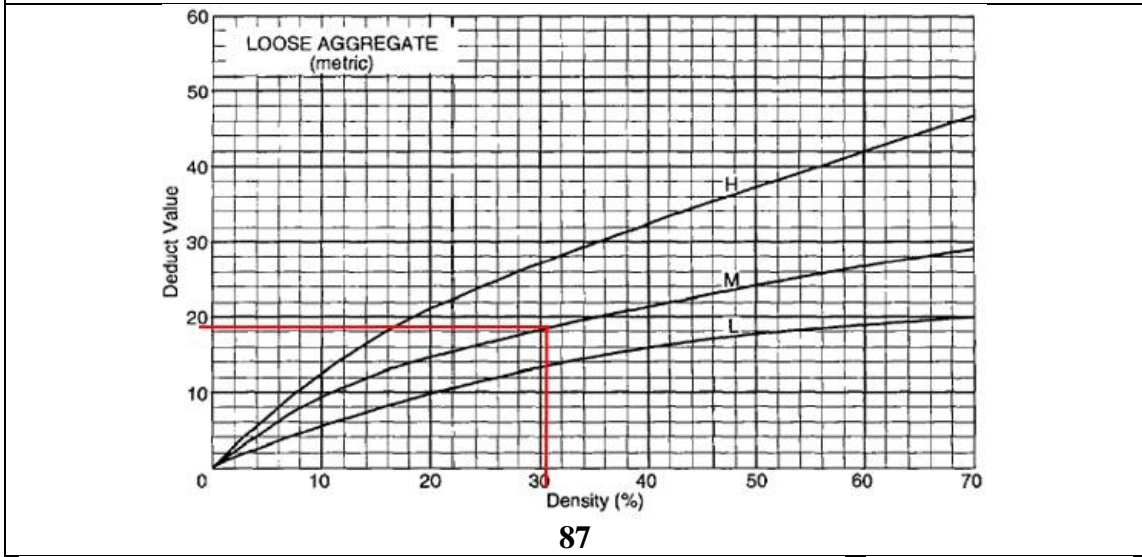
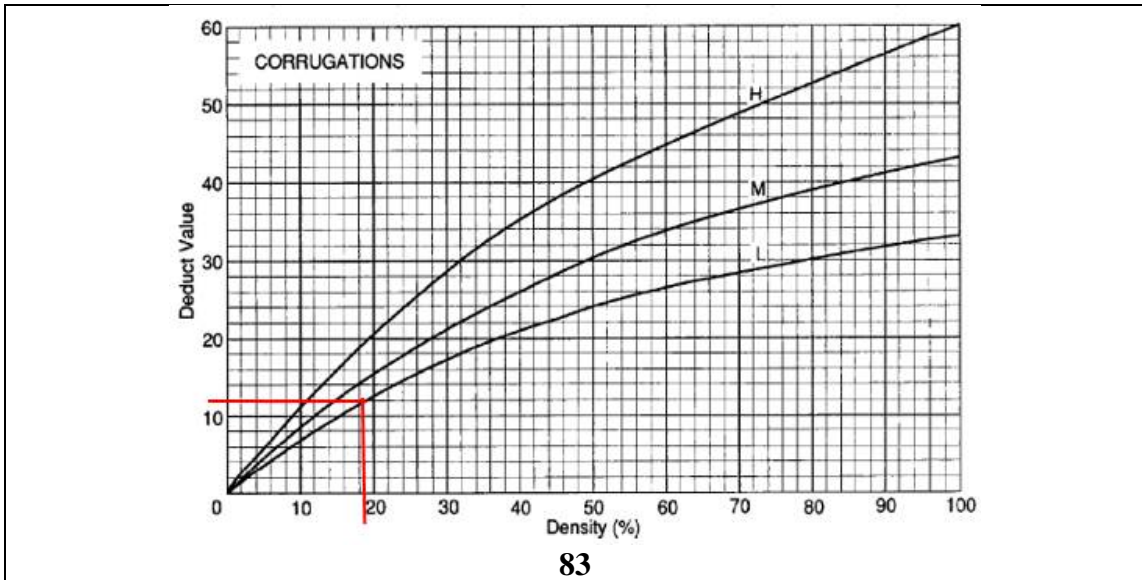
DATOS:

Ancho de calzada = 6,50 m

Unidad muestral = 40,00 m

Área de unidad de muestra = 260,00 m²

N°	TIPO DE SOCORRO	MEDICIÓN			DENSIDAD			VALOR DEDUC.
		CANTIDAD Y GRAVEDAD			L	M	H	
		L	M	H				
81	Sección transversal inadecuada (ml)							
82	Drenaje lateral inadecuado (ml)							
83	Corrugaciones (m2)	48,00			18,50		12,00	
84	Polvo		X				4,00	
85	Huecos o baches (número)							
86	Huellas (m2)							
87	Agregado suelto (ml)		80,00			30,80	18,50	
TOTAL								34,50
q > 5								2
URCI								75,00
CALIFICACIÓN								MUY BUENO



URCI	CLASIFICACION
100	Excelente
85	Muy Buena
70	Buena
55	Justa
40	Pobre
25	Muy Pobre
10	Falló
0	

Tramo 11: Progresiva 10+859 – 10+899

$$Densidad = \frac{Cantidad\ de\ falla}{Área\ de\ unidad\ de\ muestra} * 100$$

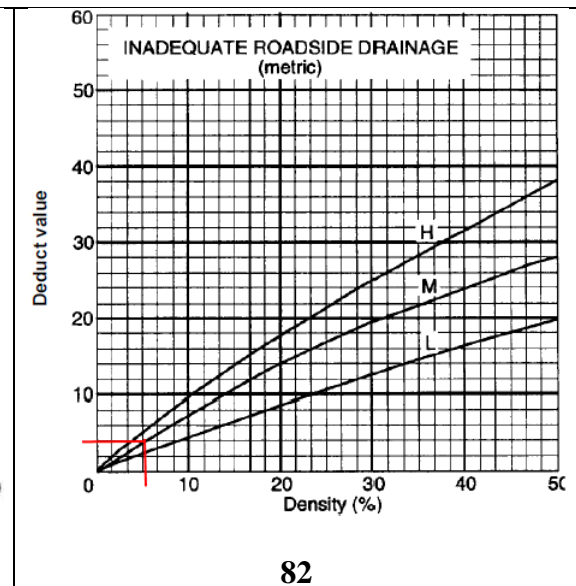
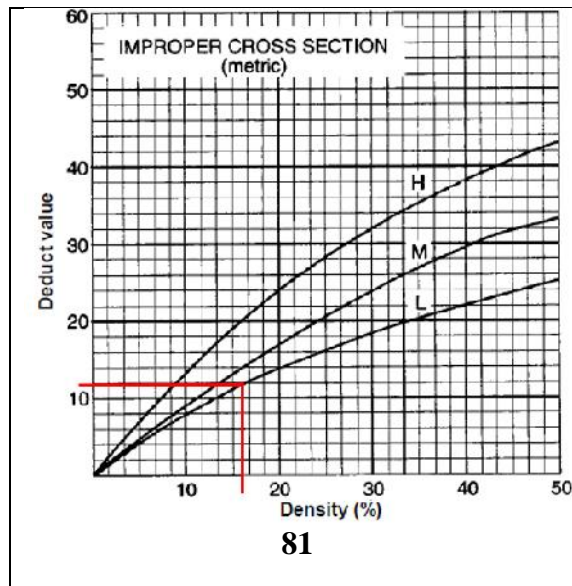
DATOS:

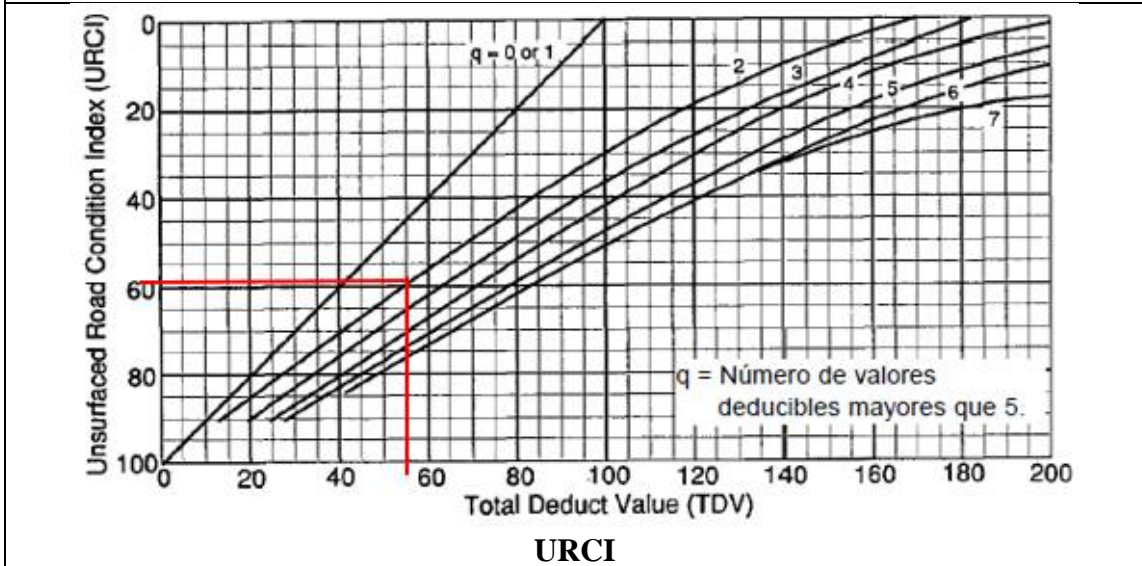
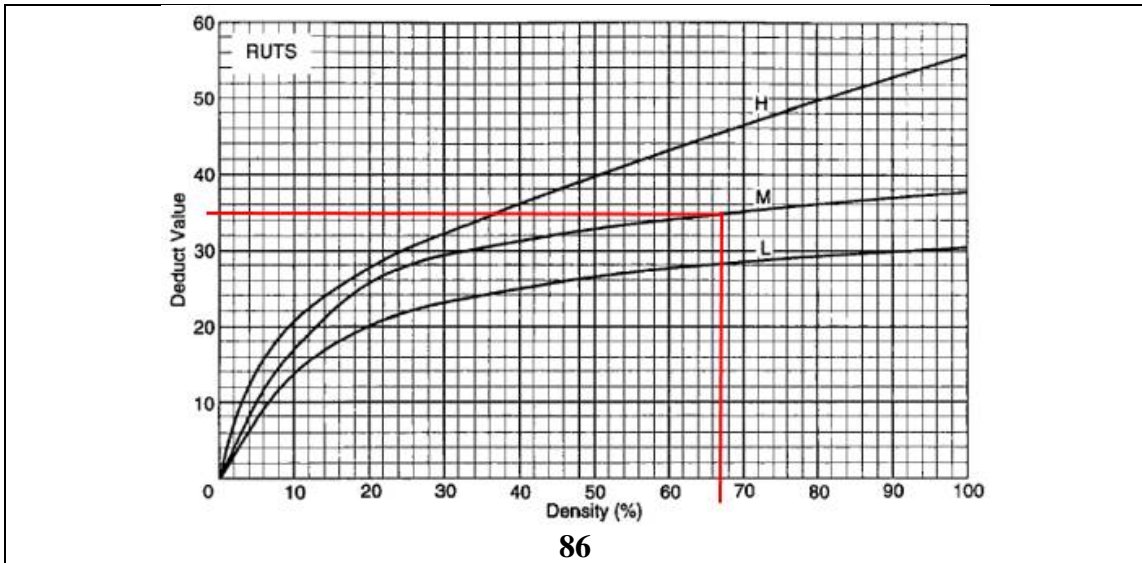
Ancho de calzada = 6,00 m

Unidad muestral = 40,00 m

Área de unidad de muestra = 240,00 m²

N°	TIPO DE SOCORRO	MEDICIÓN			DENSIDAD			VALOR DEDUC.
		CANTIDAD Y GRAVEDAD			L	M	H	
		L	M	H				
81	Sección transversal inadecuada (ml)	40,00			16,70			12,00
82	Drenaje lateral inadecuado (ml)		14,00			5,83		4,00
83	Corrugaciones (m2)							
84	Polvo		X					4,00
85	Huecos o baches (número)							
86	Huellas (m2)		160,00			66,70		35,00
87	Agregado suelto (ml)							
TOTAL								55,00
q > 5								2
URCI								58,00
CALIFICACIÓN								BUENO





URCI	CLASIFICACION
100	Excelente
85	Muy Buena
70	Buena
55	Justa
40	Pobre
25	Muy Pobre
10	Falló
0	

Tramo 12: Progresiva 11+886 – 11+926

$$Densidad = \frac{Cantidad\ de\ falla}{\text{Área de unidad de muestra}} * 100$$

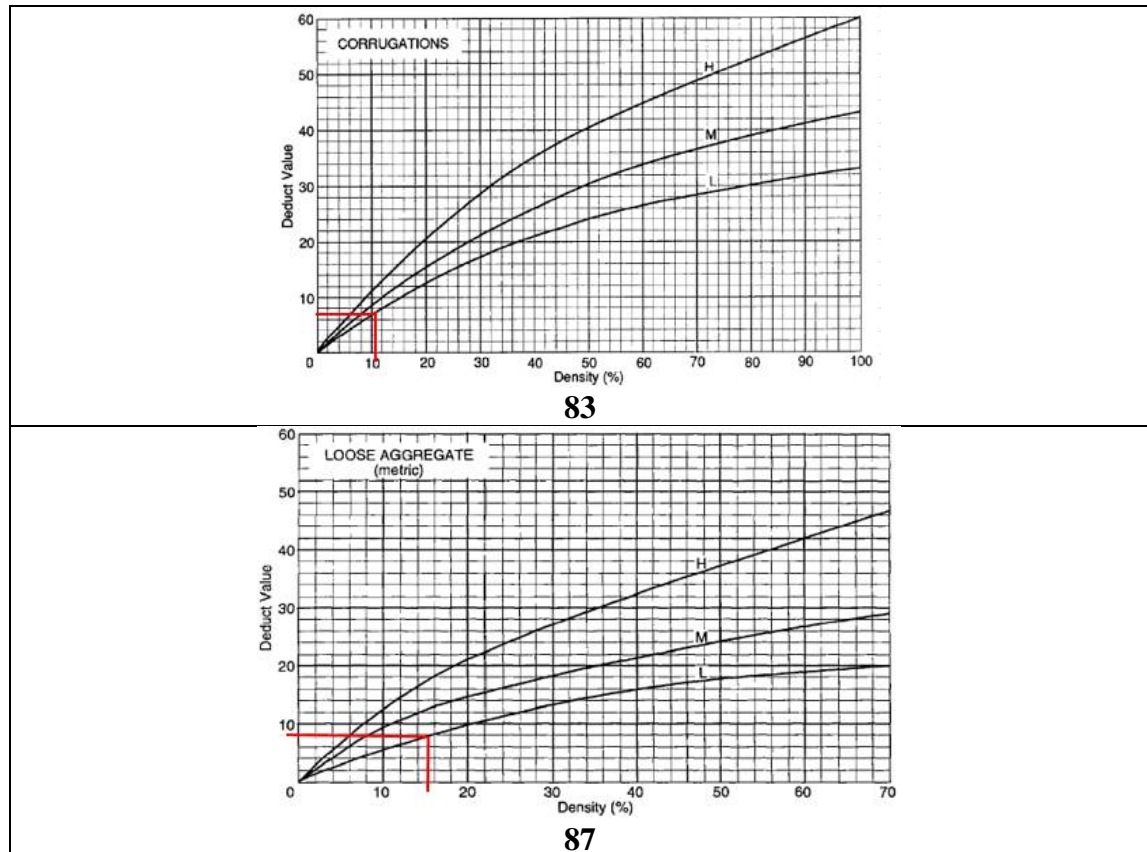
DATOS:

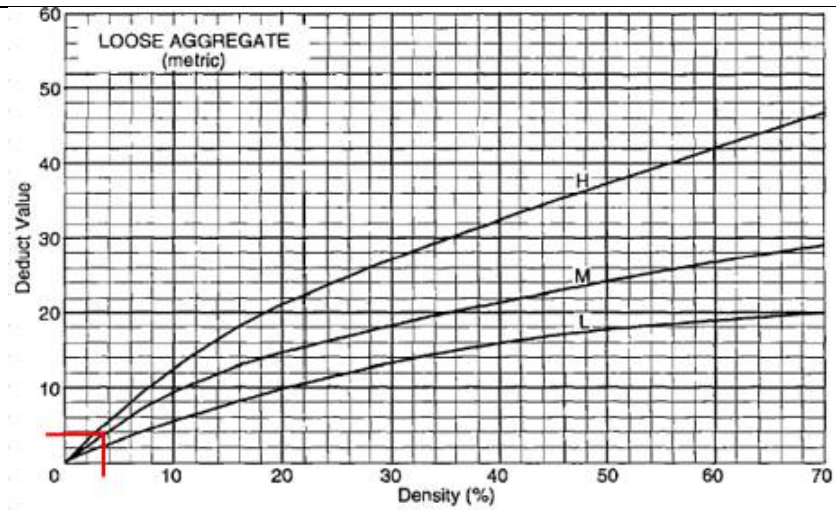
Ancho de calzada = 6,00 m

Unidad muestral = 40,00 m

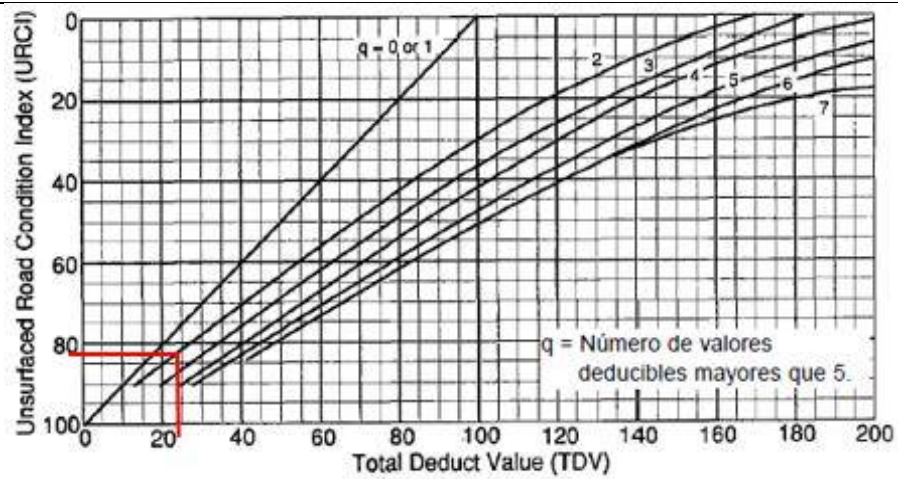
Área de unidad de muestra = 240,00 m²

N°	TIPO DE SOCORRO	MEDICIÓN CANTIDAD Y GRAVEDAD			DENSIDAD			VALOR DEDUC.
		L	M	H	L	M	H	
		81	Sección transversal inadecuada (ml)					
82	Drenaje lateral inadecuado (ml)							
83	Corrugaciones (m2)	27,00			10,40			7,00
84	Polvo		X					4,00
85	Huecos o baches (número)							
86	Huellas (m2)							
87	Agregado suelto (ml)	40,00	10,00		15,40	3,90		8,00; 3,90
TOTAL								22,90
q > 5								2
URCI								82,00
CALIFICACIÓN								MUY BUENO





87



URCI

URCI	CLASIFICACION
100	Excelente
85	Muy Buena
70	Buena
55	Justa
40	Pobre
25	Muy Pobre
10	Falló
0	

Tramo 13: Progresiva 12+280 – 12+320

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Cantidad de falla}}{\text{Área de unidad de muestra}} * 100$$

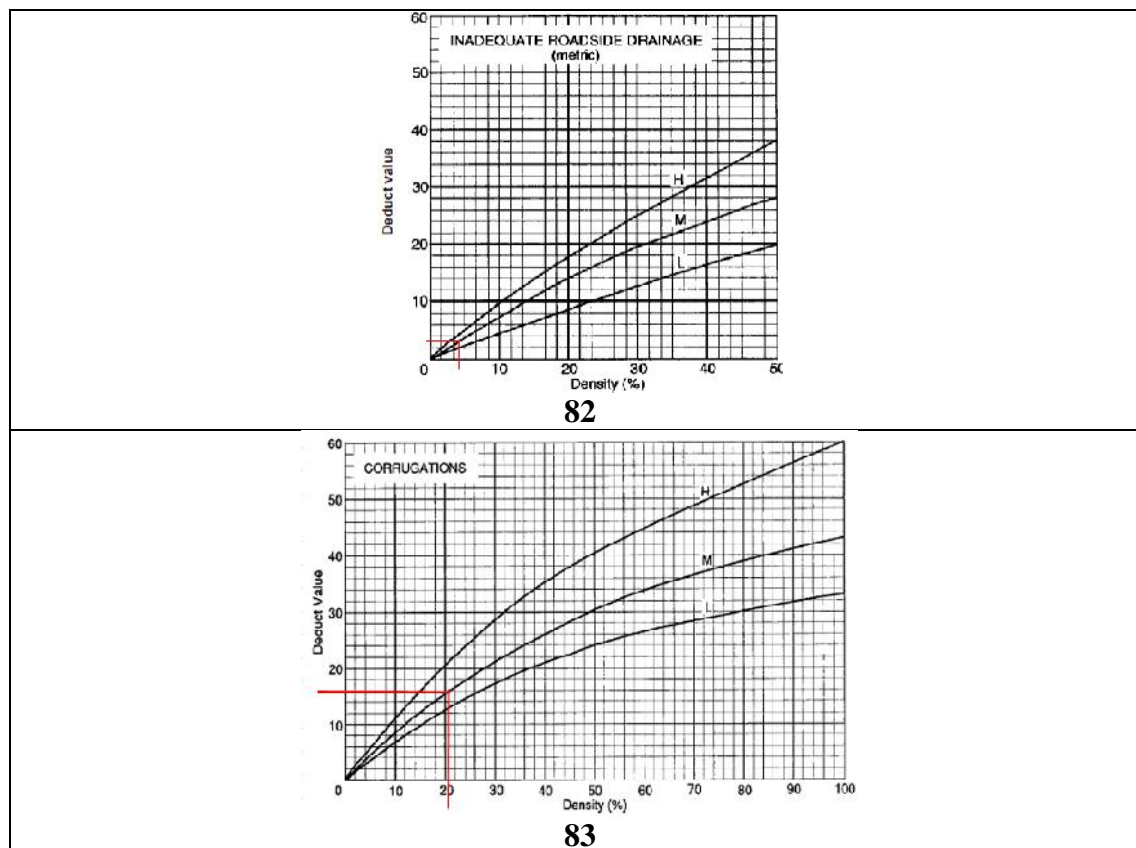
DATOS:

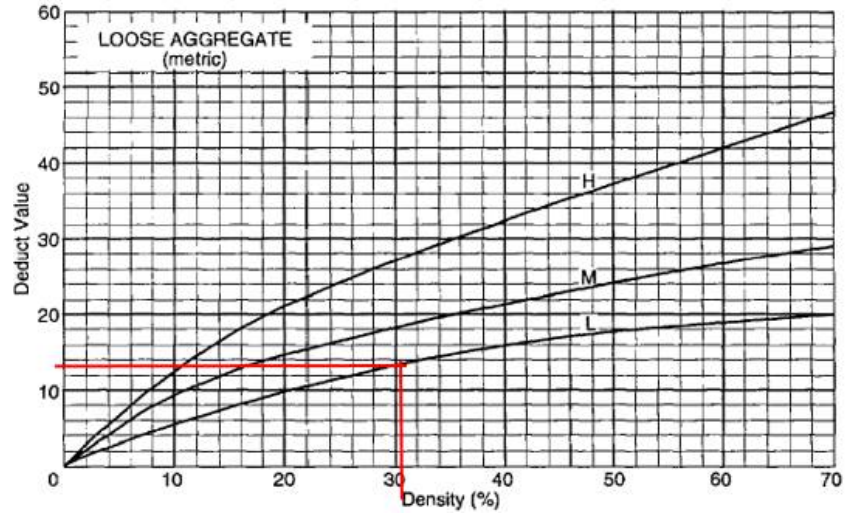
Ancho de calzada = 6,50 m

Unidad muestral = 40,00 m

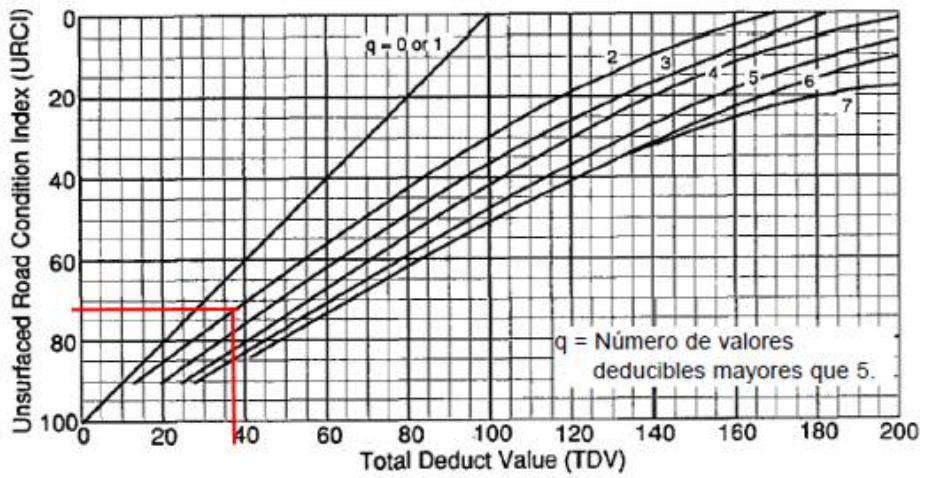
Área de unidad de muestra = 260,00 m²

N°	TIPO DE SOCORRO	MEDICIÓN			DENSIDAD			VALOR DEDUC.
		CANTIDAD Y GRAVEDAD			L	M	H	
		L	M	H				
81	Sección transversal inadecuada (ml)							
82	Drenaje lateral inadecuado (ml)		9,50		3,65		2,80	
83	Corrugaciones (m2)		53,20		20,50		16,00	
84	Polvo		X				4,00	
85	Huecos o baches (número)							
86	Huellas (m2)							
87	Agregado suelto (ml)	80,00			30,80		13,80	
TOTAL							36,60	
q > 5							2	
URCI							72,00	
CALIFICACIÓN							MUY BUENO	





87



URCI

URCI	CLASIFICACION
100	Excelente
85	Muy Buena
70	Buena
55	Justa
40	Pobre
25	Muy Pobre
10	Falló
0	

4.1.2. Tabla resumen de evaluación superficial

Tramo	Evaluación superficial (URCI)						
	Progresivas		Área de muestra (m2)	Valor total deducible	q	URCI	Condición
	Pi	Pf					
1	0+088	0+120	260,00	49,80	3	69,00	Bueno
2	1+916	1+956	260,00	29,00	2	79,00	Muy bueno
3	2+563	2+603	260,00	22,40	1	80,00	Muy bueno
4	3+338	3+378	260,00	18,50	1	82,00	Muy bueno
5	4+960	5+000	260,00	25,70	1	75,00	Muy bueno
6	5+940	5+980	260,00	42,90	2	68,00	Bueno
7	6+507	6+547	240,00	21,10	1	79,00	Muy bueno
8	7+740	7+780	260,00	41,70	3	75,00	Muy bueno
9	8+550	8+590	240,00	55,70	4	68,00	Bueno
10	9+828	9+868	260,00	34,50	2	75,00	Muy bueno
11	10+859	10+899	240,00	55,00	2	58,00	Bueno
12	11+886	11+926	260,00	22,90	2	82,00	Muy bueno
13	12+280	12+320	260,00	36,60	2	72,00	Muy bueno
Valor URCI promedio						74,00	Muy bueno

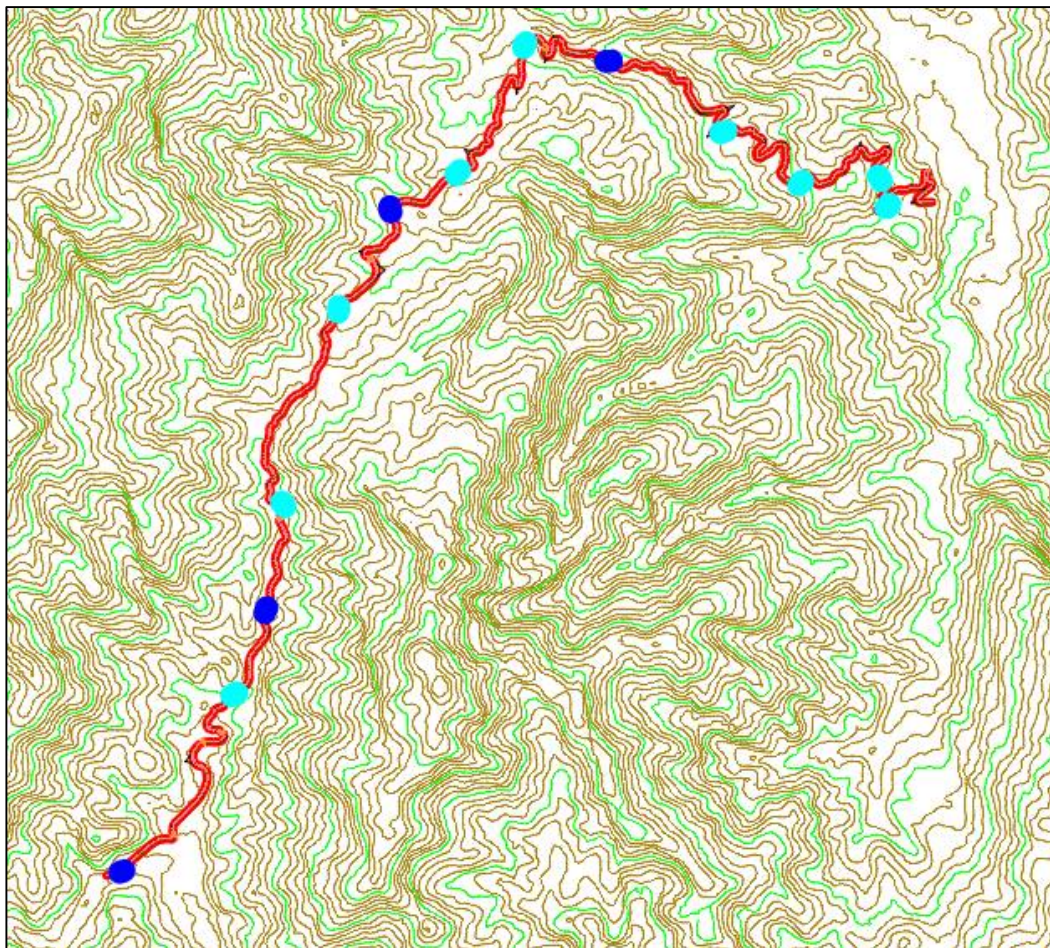
4.2. EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL – MÉTODOS SEMI DIRECTOS ESTRUCTURALES

4.2.1. Caracterización de la capa subrasante

4.2.1.1. Muestreo

Se realizaron calicatas cada kilómetro en el mismo lugar adoptado para las muestras superficiales y se tomaron 4 muestras representativas de distintos tramos, puesto que visualmente presentaban características similares. Las muestras extraídas para ensayos de laboratorio de tomaron de las siguientes progresivas:

Muestra	Progresiva
1	0+088
2	2+563
3	5+940
4	8+630

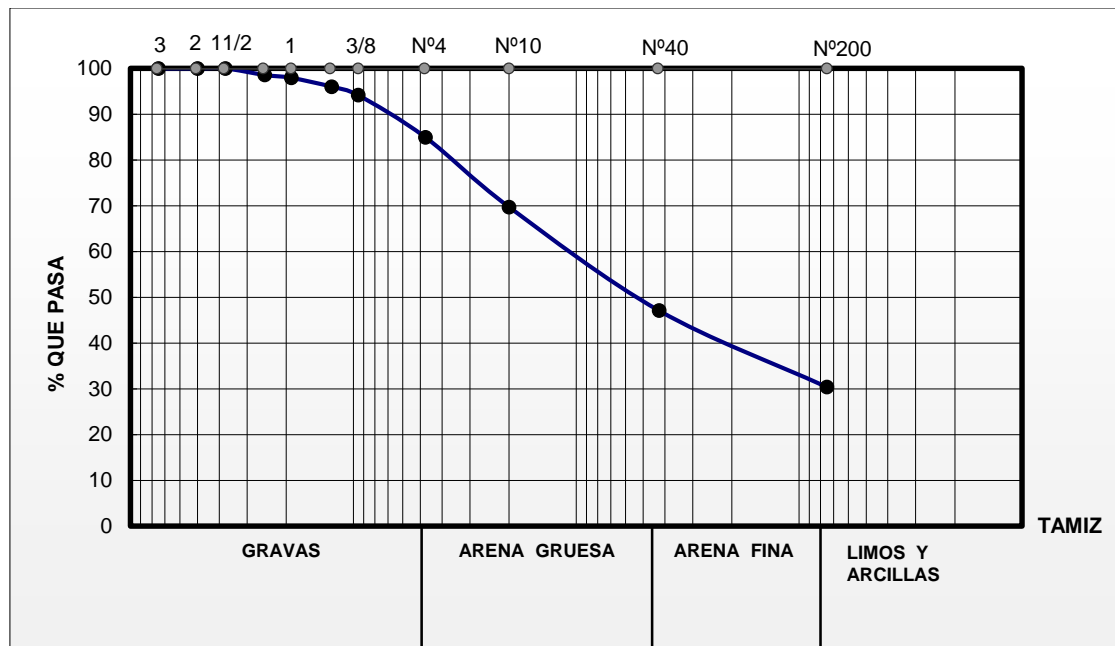


4.2.1.2. Tabulación de ensayos de la subrasante

4.2.1.2.1. Clasificación de suelos

Muestra 1

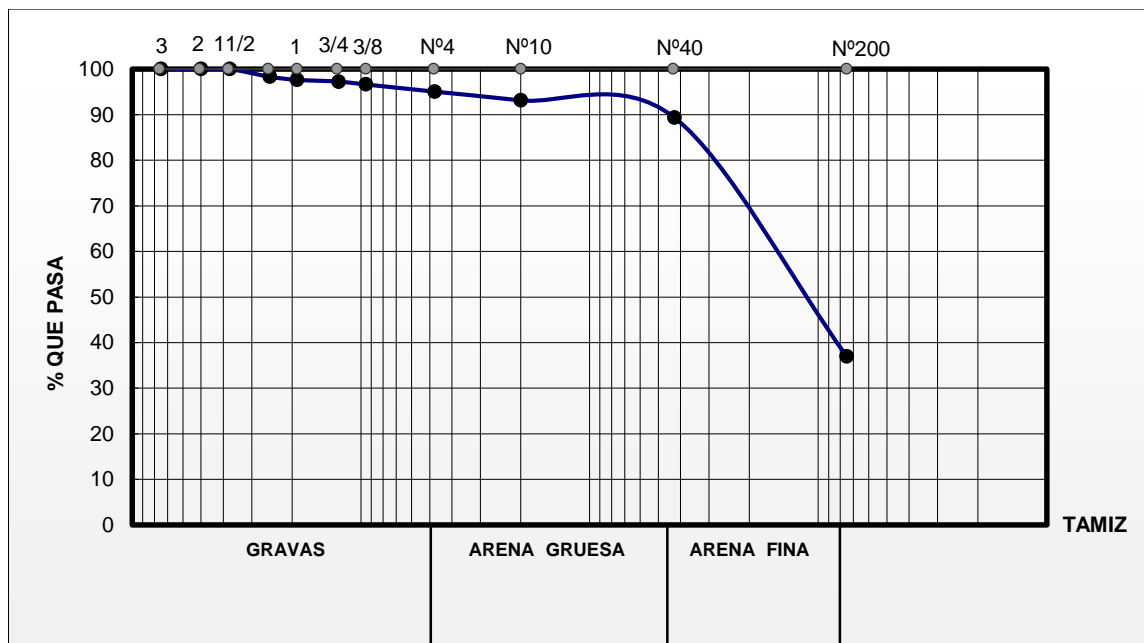
Peso Total (gr.)			3000		
Tamices	Tamaño	Peso Ret.	Ret. Acum	% Ret	% Que Pasa
	(mm)	(gr)	(gr)		del Total
2 1/2"	75,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,00	42,60	42,60	1,42	98,58
3/4"	19,00	19,00	61,60	2,05	97,95
1/2"	12,50	58,00	119,60	3,99	96,01
3/8"	9,50	56,20	175,80	5,86	94,14
N°4	4,75	275,60	451,40	15,05	84,95
N°10	2,00	457,40	908,80	30,29	69,71
N°40	0,425	679,00	1587,80	52,93	47,07
N°200	0,075	501,40	2089,20	69,64	30,36



LÍMITES DE ATTERBERG		CLASIFICACIÓN
LL	NO PLÁSTICO	A-2-4 (0)
LP	NO PLÁSTICO	
IP	NO PLÁSTICO	

Muestra 2

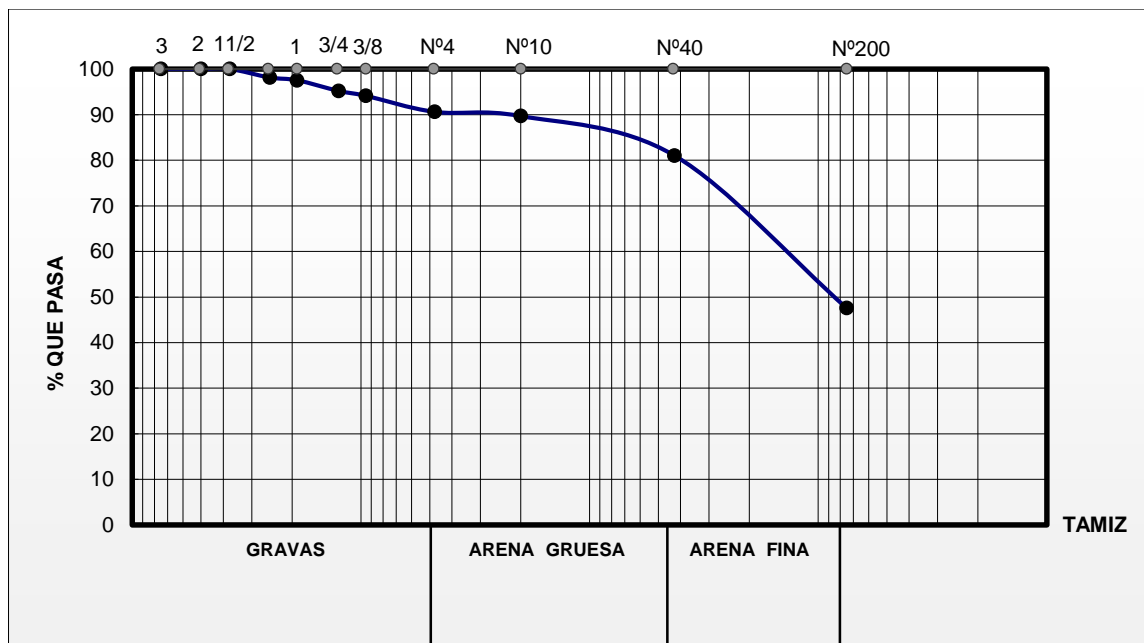
Peso Total (gr.)			3000		
Tamices	Tamaño	Peso Ret.	Ret. Acum	% Ret	% Que Pasa
	(mm)	(gr)	(gr)		del Total
2 1/2"	75,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,00	50,40	50,40	1,68	98,32
3/4"	19,00	20,20	70,60	2,35	97,65
1/2"	12,50	11,80	82,40	2,75	97,25
3/8"	9,50	18,80	101,20	3,37	96,63
Nº4	4,75	47,20	148,40	4,95	95,05
Nº10	2,00	57,40	205,80	6,86	93,14
Nº40	0,425	113,40	319,20	10,64	89,36
Nº200	0,075	1571,60	1890,80	63,03	36,97



LÍMITES DE ATTERBERG		CLASIFICACIÓN
LL	17,41	A-4 (0)
LP	16,88	
IP	0,53	

Muestra 3

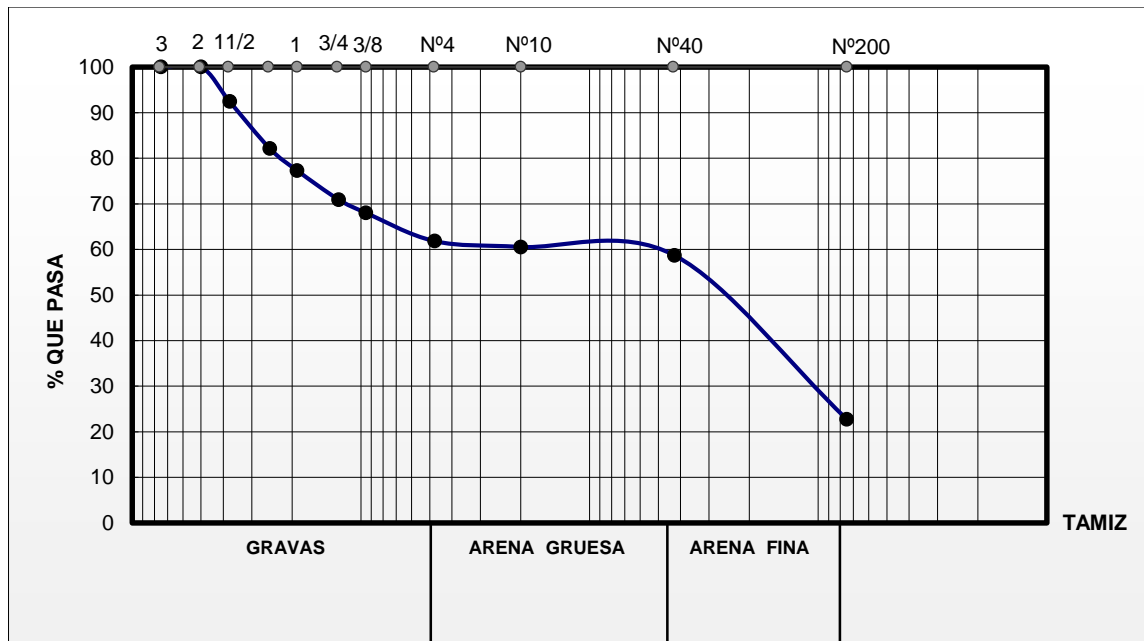
Peso Total (gr.)			3000		
Tamices	Tamaño	Peso Ret.	Ret. Acum	% Ret	% Que Pasa
	(mm)	(gr)	(gr)		del Total
2 1/2"	75,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,00	56,40	56,40	1,88	98,12
3/4"	19,00	18,00	74,40	2,48	97,52
1/2"	12,50	70,20	144,60	4,82	95,18
3/8"	9,50	32,20	176,80	5,89	94,11
Nº4	4,75	105,60	282,40	9,41	90,59
Nº10	2,00	27,40	309,80	10,33	89,67
Nº40	0,425	259,80	569,60	18,99	81,01
Nº200	0,075	1003,20	1572,80	52,43	47,57



LÍMITES DE ATTERBERG		CLASIFICACIÓN
LL	22,05	A-4 (0)
LP	21,13	
IP	0,92	

Muestra 4

Peso Total (gr.)			3000		
Tamices	Tamaño	Peso Ret.	Ret. Acum	% Ret	% Que Pasa
	(mm)	(gr)	(gr)		del Total
2 1/2"	75,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,00	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	37,50	226,20	226,20	7,54	92,46
1"	25,00	310,40	536,60	17,89	82,11
3/4"	19,00	144,40	681,00	22,70	77,30
1/2"	12,50	191,80	872,80	29,09	70,91
3/8"	9,50	86,60	959,40	31,98	68,02
Nº4	4,75	186,60	1146,00	38,20	61,80
Nº10	2,00	38,20	1184,20	39,47	60,53
Nº40	0,425	55,20	1239,40	41,31	58,69
Nº200	0,075	1078,80	2318,20	77,27	22,73

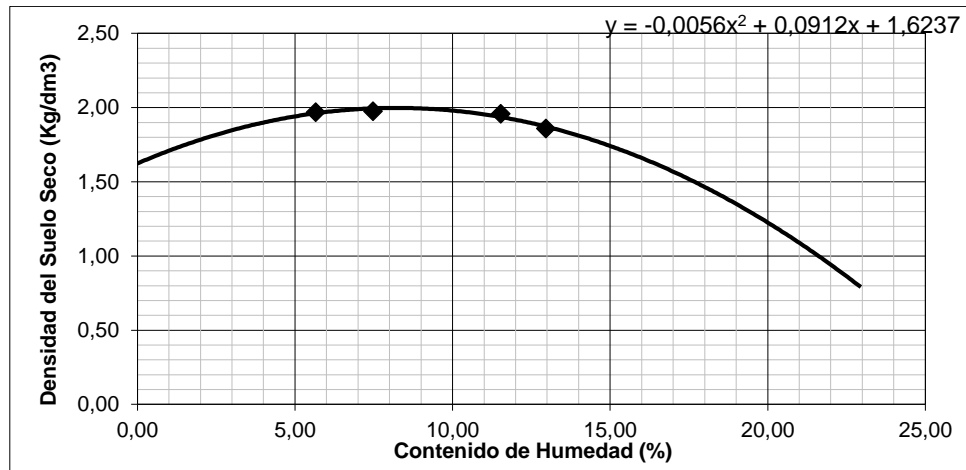


LÍMITES DE ATTERBERG		CLASIFICACIÓN
LL	21,31	A-2-4 (0)
LP	16,33	
IP	4,98	

4.2.1.2.2. Densidades máximas y humedades óptimas

Muestra 1

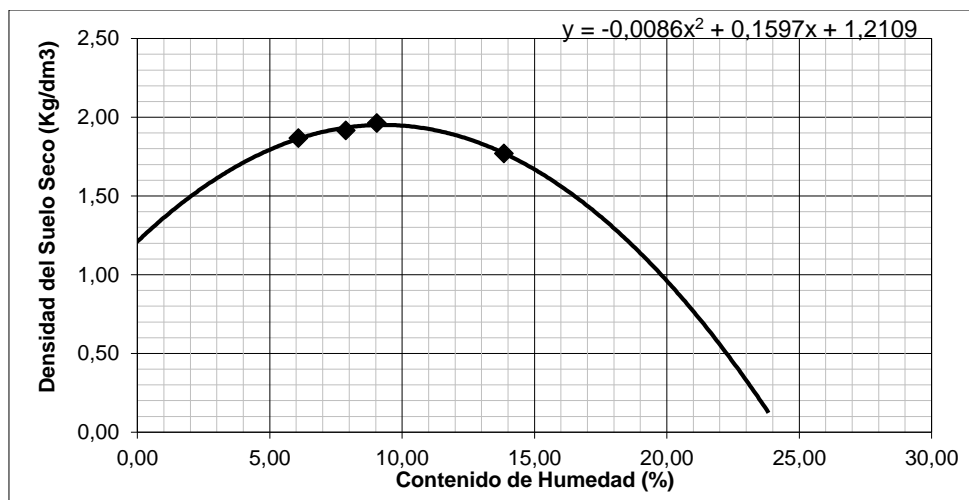
Cápsula N°	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	5,65	7,47	11,52	12,95
Densidad suelo seco (g/cm ³)	1,97	1,98	1,96	1,86



Densidad máxima **2,00 g/cm³**
Humedad óptima **8,14 %**

Muestra 2

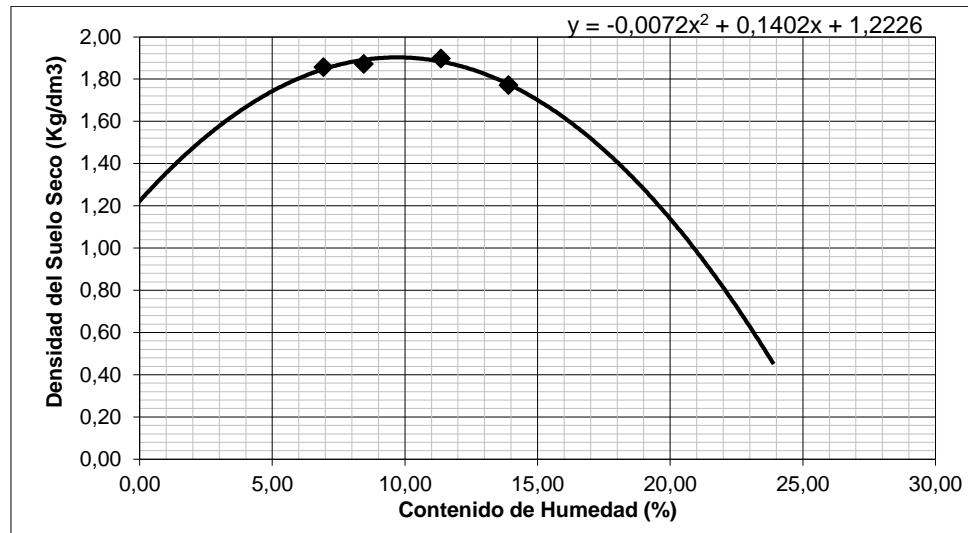
Cápsula N°	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	6,08	7,87	9,04	13,84
Densidad suelo seco (g/cm ³)	1,82	1,84	1,86	1,70



Densidad máxima **1,86 g/cm³**
Humedad óptima **8,70 %**

Muestra 3

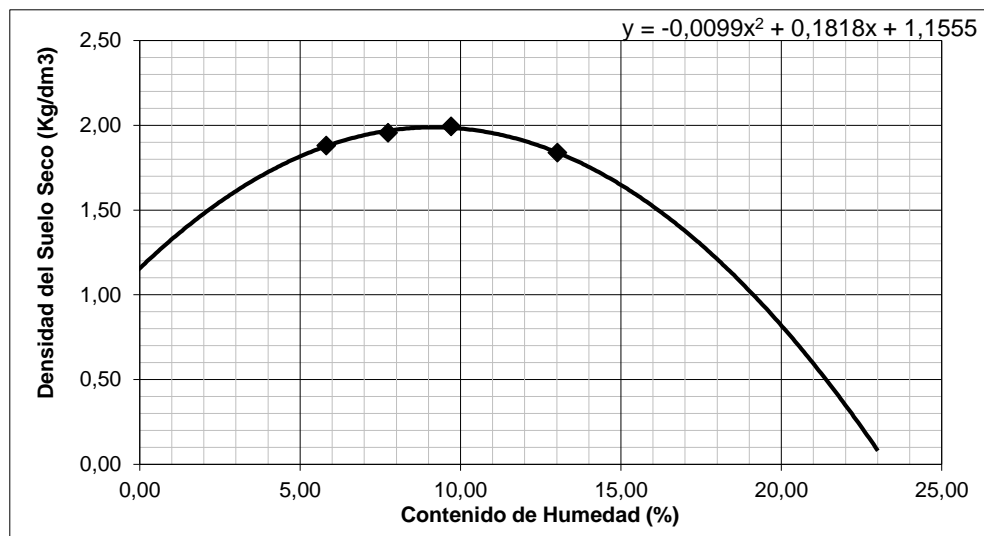
Cápsula N°	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	6,92	8,45	11,35	13,90
Densidad suelo seco (g/cm ³)	1,86	1,87	1,90	1,77



Densidad máxima **1,90 g/cm³**
Humedad óptima **7,74 %**

Muestra 4

Cápsula N°	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	5,81	7,74	9,70	13,01
Densidad suelo seco (g/cm ³)	1,88	1,96	1,99	1,84



Densidad máxima **1,99 g/cm³**
Humedad óptima **9,18 %**

4.2.1.2.3. Valor Soporte C.B.R.

Muestra 1

Peso del suelo seco = 5000,00 gr

Densidad máxima= 1,99 gr/cm³

% Humedad natural= 0

% Humedad óptima= 8,14 %

El agua real se calcula:

$$\% \text{ Agua real} = \% H \text{ opt.} - \% H \text{ nat.} + 0.3 \%$$

$$\% \text{ agua real} = 8,44$$

Agua necesaria para el C.B.R.:

$$\text{Agua C.B.R.} = \frac{Pss * \% \text{ Agua real}}{100}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 422,00 \text{ ml}$$

Contenido de humedad y peso unitario

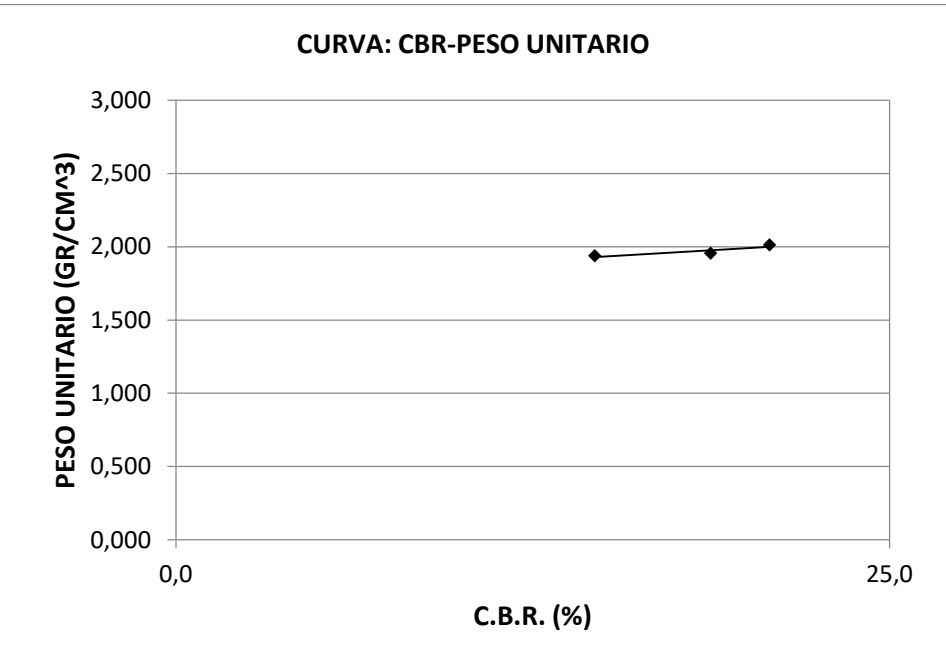
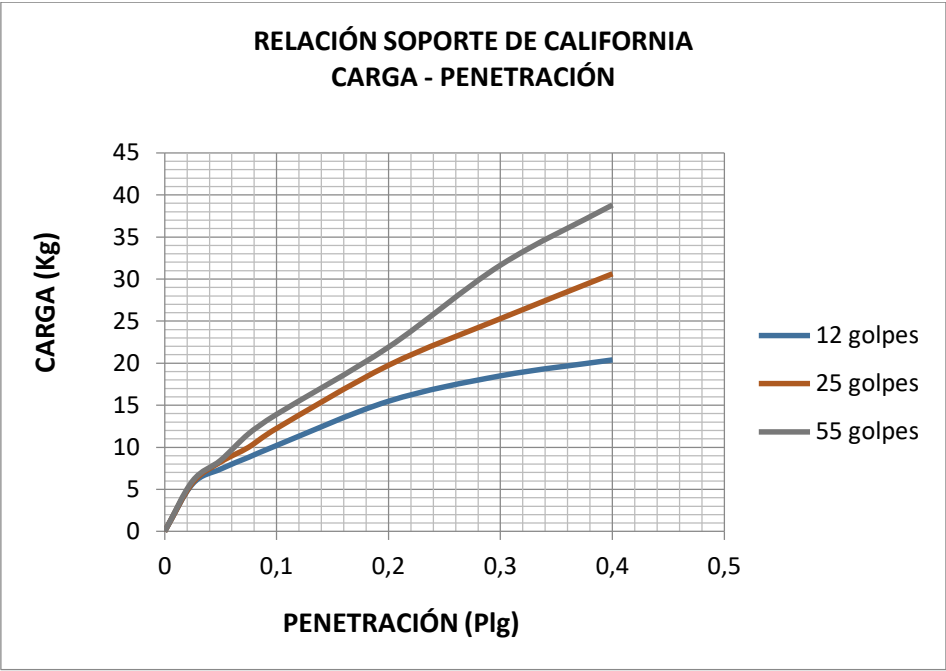
N° Capas	5	5	5
N° golpes por capa	12	25	56
Promedio cont. Humedad (%)	8,54	8,81	8,60
Peso unit. muestra seca (gr/cm³)	1,94	1,96	2,01

Expansión

FECHA	HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
			LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN	
				CM.	%		CM.	%		CM.	%
12-mar-19	11:00	1	0,00	0,00	0,00	5,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
13-mar-19	11:00	2	1,00	0,10	0,56	5,50	0,55	0,28	0,00	0,00	0,00
14-mar-19	11:00	3	1,00	0,10	0,56	6,00	0,60	0,56	2,00	0,20	1,12
15-mar-19	11:00	4	1,00	0,10	0,56	6,00	0,60	0,56	2,00	0,20	1,12

C.B.R. para 0,1” y 0,2”

Penetración		Carga normal	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Pulg.	mm	kg	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)
0,1	2,54	1360	14,50	17,40	19,80
0,2	5,08	2040	14,70	18,70	20,80



CBR 100% D.máx
20 %
CBR 95% D.Máx.
13 %

Muestra 2

Peso del suelo seco = 5000,00 gr

Densidad máxima= 1,86 gr/cm³

% Humedad natural= 0

% Humedad óptima= 8,70 %

El agua real se calcula:

$$\% \text{ Agua real} = \% H \text{ opt.} - \% H \text{ nat.} + 0.3 \%$$

$$\% \text{ agua real} = 9,00$$

Agua necesaria para el C.B.R.:

$$\text{Agua C.B.R.} = \frac{Pss * \% \text{ Agua real}}{100}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 450,00 \text{ ml}$$

Contenido de humedad y peso unitario

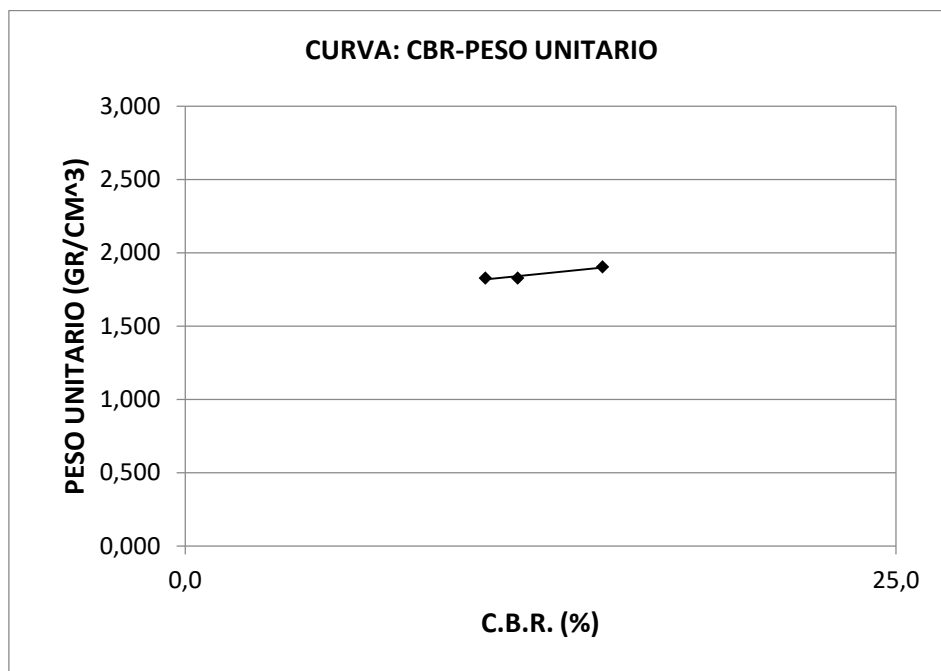
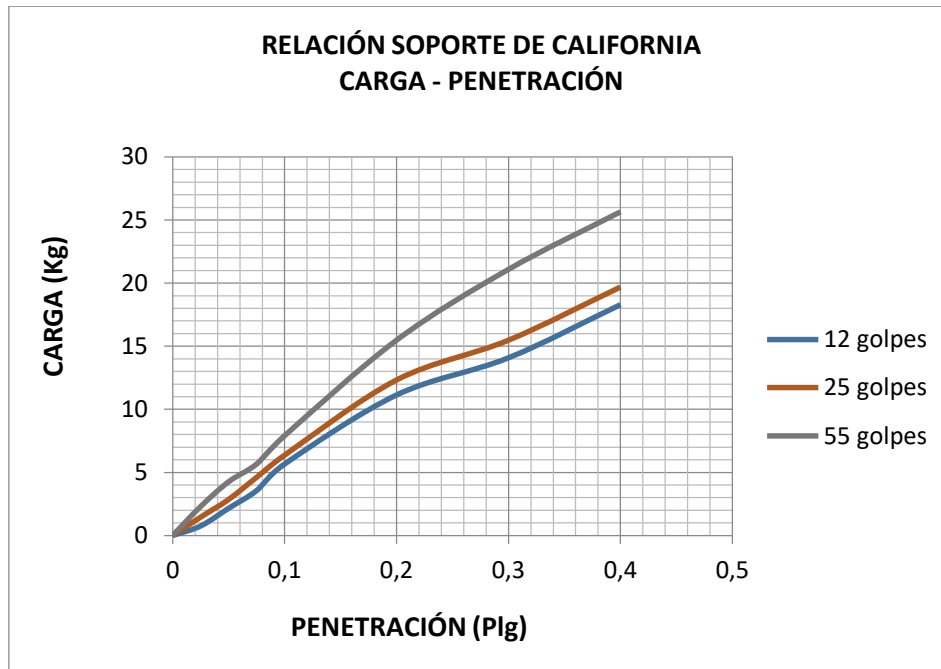
N° Capas	5	5	5
N° golpes por capa	12	25	56
Promedio cont. Humedad (%)	9,38	10,07	8,59
Peso unit. muestra seca (gr/cm³)	1,83	1,83	1,90

Expansión

FECHA	HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
			LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN	
				CM.	%		CM.	%		CM.	%
12-mar-19	11:00	1	16,00	1,60	0,00	5,00	0,50	0,00	13,00	1,30	0,00
13-mar-19	11:00	2	17,20	1,72	0,67	6,50	0,65	0,84	13,20	1,32	0,11
14-mar-19	11:00	3	18,00	1,80	1,12	7,00	0,70	1,12	14,00	1,40	0,56
15-mar-19	11:00	4	18,00	1,80	1,12	7,00	0,70	1,12	14,00	1,40	0,56

C.B.R. para 0,1” y 0,2”

Penetración		Carga normal	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Pulg.	mm	kg	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)
0,1	2,54	1360	8,10	9,00	11,20
0,2	5,08	2040	10,60	11,70	14,70



CBR 100% D.máx
12 %
CBR 95% D.Máx.
8 %

Muestra 3

Peso del suelo seco = 5000,00 gr

Densidad máxima= 1,90 gr/cm³

% Humedad natural= 0

% Humedad óptima= 9,74 %

El agua real se calcula:

$$\% \text{ Agua real} = \% H \text{ opt.} - \% H \text{ nat.} + 0.3 \%$$

$$\% \text{ agua real} = 10,04$$

Agua necesaria para el C.B.R.:

$$\text{Agua C.B.R.} = \frac{Pss * \% \text{ Agua real}}{100}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 502,00 \text{ ml}$$

Contenido de humedad y peso unitario

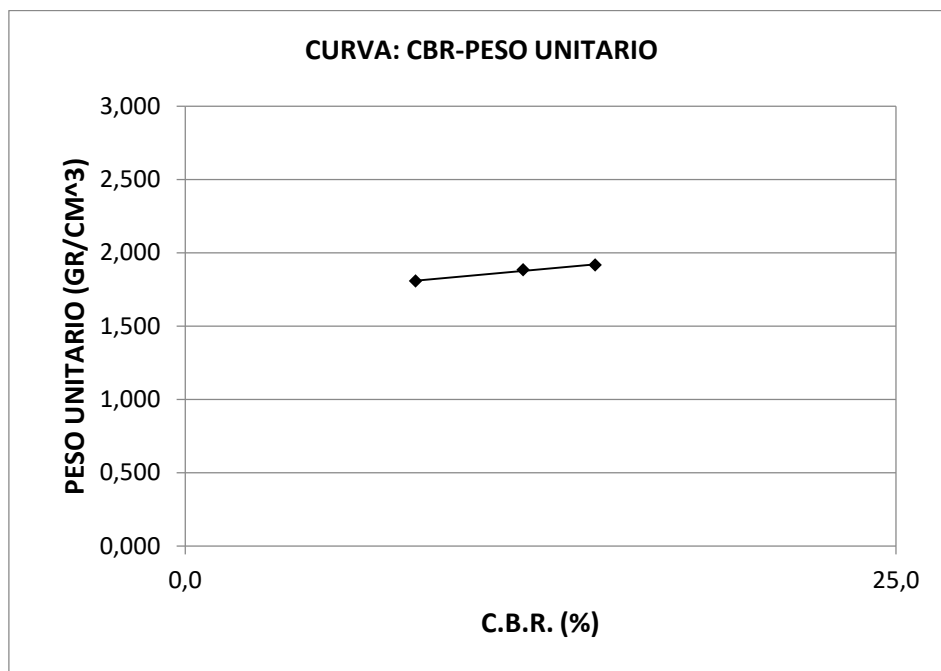
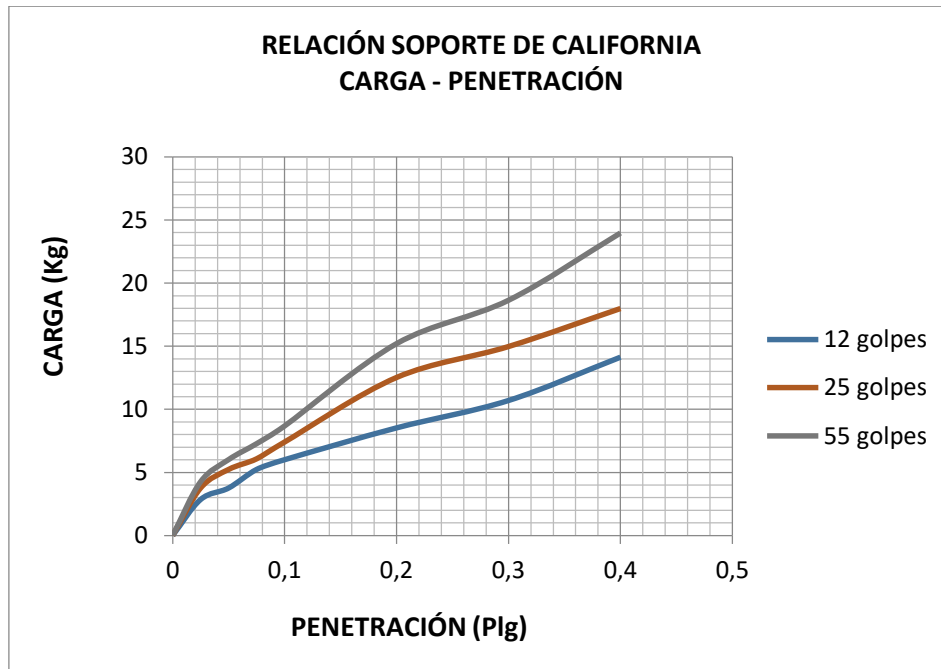
N° Capas	5	5	5
N° golpes por capa	12	25	56
Promedio cont. Humedad (%)	9,77	9,79	9,60
Peso unit. muestra seca (gr/cm³)	1,81	1,88	1,92

Expansión

FECHA	HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
			LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN	
				CM.	%		CM.	%		CM.	%
13-mar-19	10:16	1	5,00	0,50	0,00	17,00	1,70	0,00	24,20	2,42	0,00
14-mar-19	10:16	2	5,10	0,51	0,06	18,00	1,80	0,56	25,00	2,50	0,45
15-mar-19	10:16	3	5,20	0,52	0,11	18,80	1,88	1,01	25,00	2,50	0,45
16-mar-19	10:16	4	5,30	0,53	0,17	19,10	1,91	1,18	25,00	2,50	0,45

C.B.R. para 0,1” y 0,2”

Penetración		Carga normal	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Pulg.	mm	kg	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)
0,1	2,54	1360	8,50	10,50	12,30
0,2	5,08	2040	8,10	11,90	14,40



CBR 100% D.máx
14 %
CBR 95% D.Máx.
8 %

Muestra 4

Peso del suelo seco = 5000,00 gr

Densidad máxima= 1,99 gr/cm³

% Humedad natural= 0

% Humedad óptima= 9,18 %

El agua real se calcula:

$$\% \text{ Agua real} = \%H \text{ opt.} - \% H. \text{ nat.} + 0.3 \%$$

$$\% \text{ agua real} = 9,48$$

Agua necesaria para el C.B.R.:

$$\text{Agua C.B.R.} = \frac{Pss * \% \text{ Agua real}}{100}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 474,00 \text{ ml}$$

Contenido de humedad y peso unitario

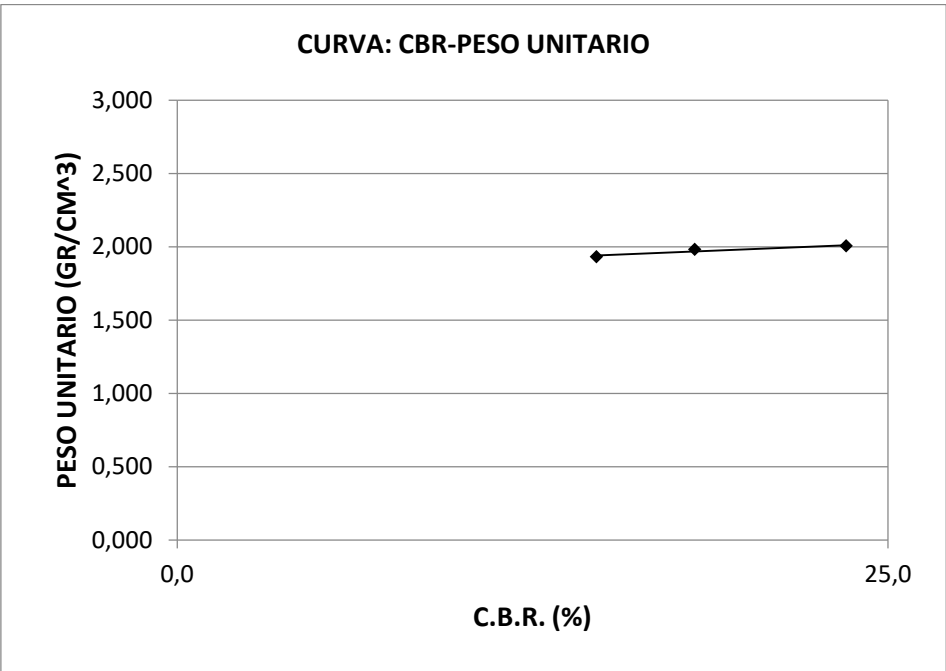
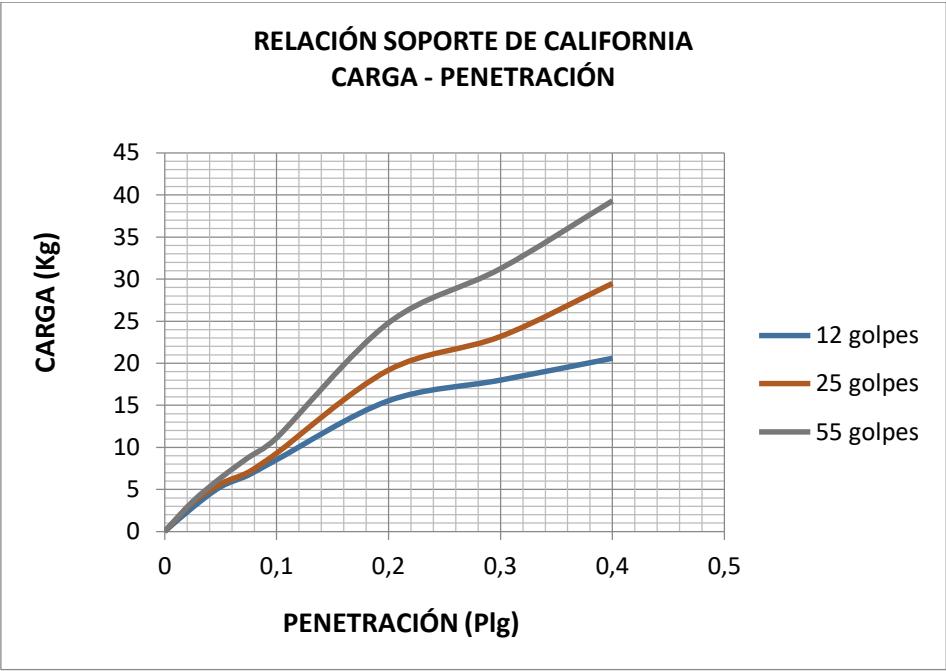
N° Capas	5	5	5
N° golpes por capa	12	25	56
Promedio cont. Humedad (%)	9,38	9,64	9,38
Peso unit. muestra seca (gr/cm³)	1,93	1,98	2,01

Expansión

FECHA	HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
			LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN	
				CM.	%		CM.	%		CM.	%
13-mar-19	10:16	1	0,00	0,00	0,00	13,80	1,38	0,00	9,00	0,90	0,00
14-mar-19	10:16	2	0,00	0,00	0,00	13,80	1,38	0,00	9,20	0,92	0,11
15-mar-19	10:16	3	0,00	0,00	0,00	13,90	1,39	0,06	9,20	0,92	0,11
16-mar-19	10:16	4	0,00	0,00	0,00	14,00	1,40	0,11	9,20	0,92	0,11

C.B.R. para 0,1” y 0,2”

Penetración		Carga normal	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Pulg.	mm	kg	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)
0,1	2,54	1360	12,10	13,20	15,80
0,2	5,08	2040	14,70	18,20	23,50



CBR 100% D.máx
21 %
CBR 95% D.Máx.
10 %

4.2.2. Caracterización del ripiado

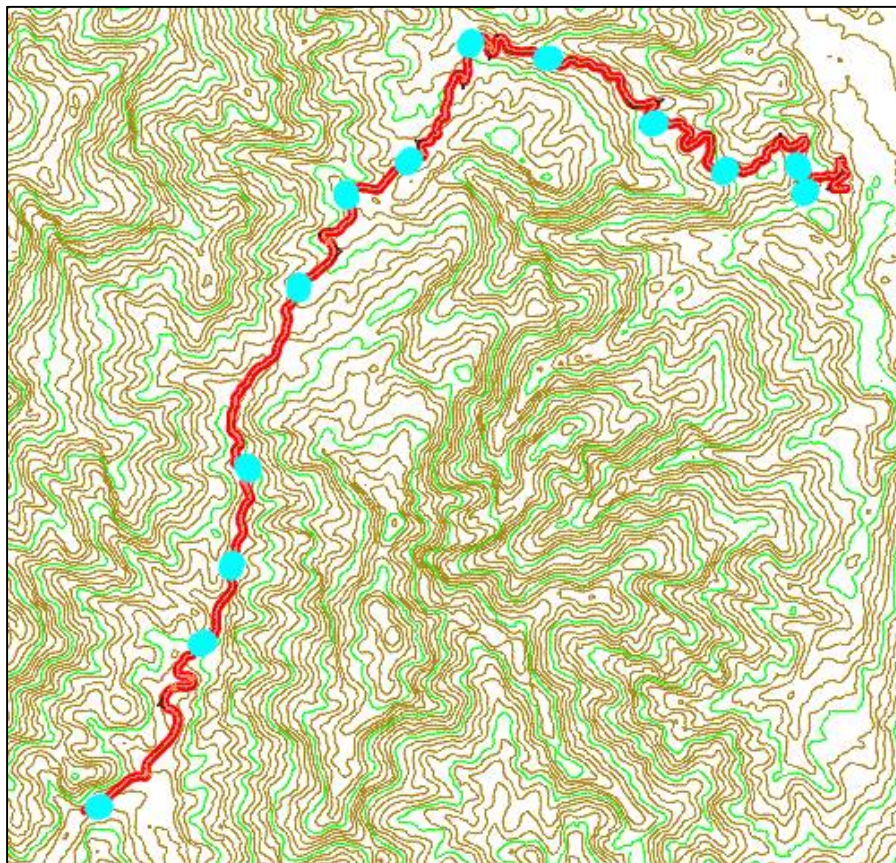
4.2.2.1. Muestreo

Se realizaron trece muestreos hasta 0,35 m de profundidad, cada muestra se encuentra entre las progresivas de cada kilómetro, considerando obtener muestras representativas a criterio del investigador.

Las muestras extraídas se encuentran en las siguientes progresivas:

Muestra	Progresiva
1	0+088
2	1+916
3	2+563
4	3+338
5	4+960
6	5+940
7	6+507

Muestra	Progresiva
8	7+740
9	8+550
10	9+828
11	10+859
12	11+886
13	12+280

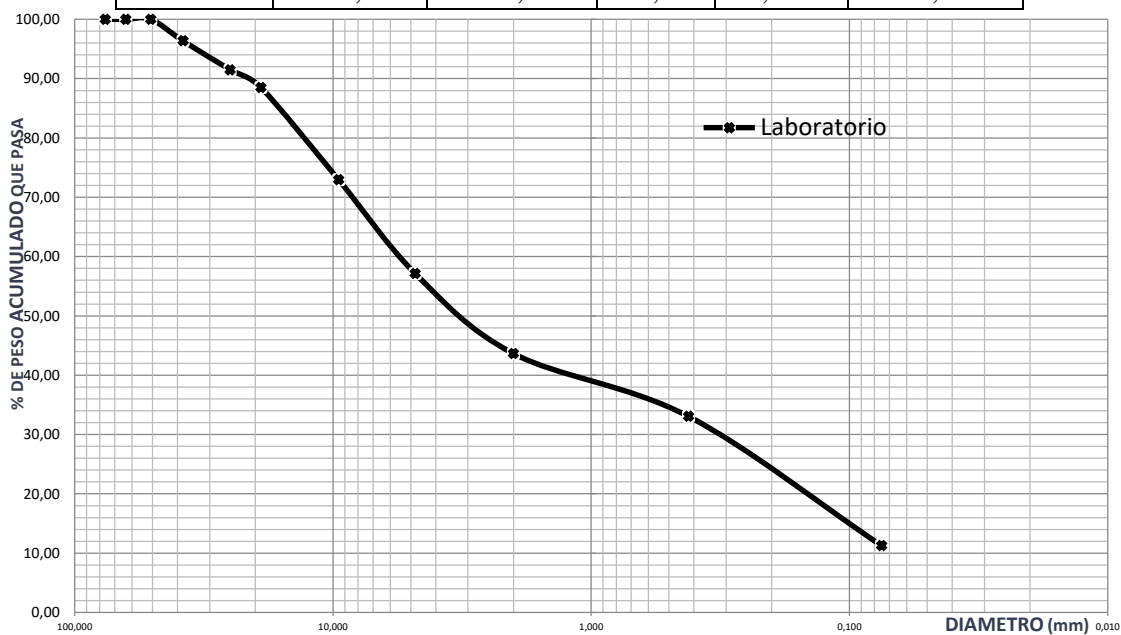


4.2.2.2. Tabulación de ensayos del rypiado superficial

4.2.2.2.1. Clasificación de suelos

Muestra 1

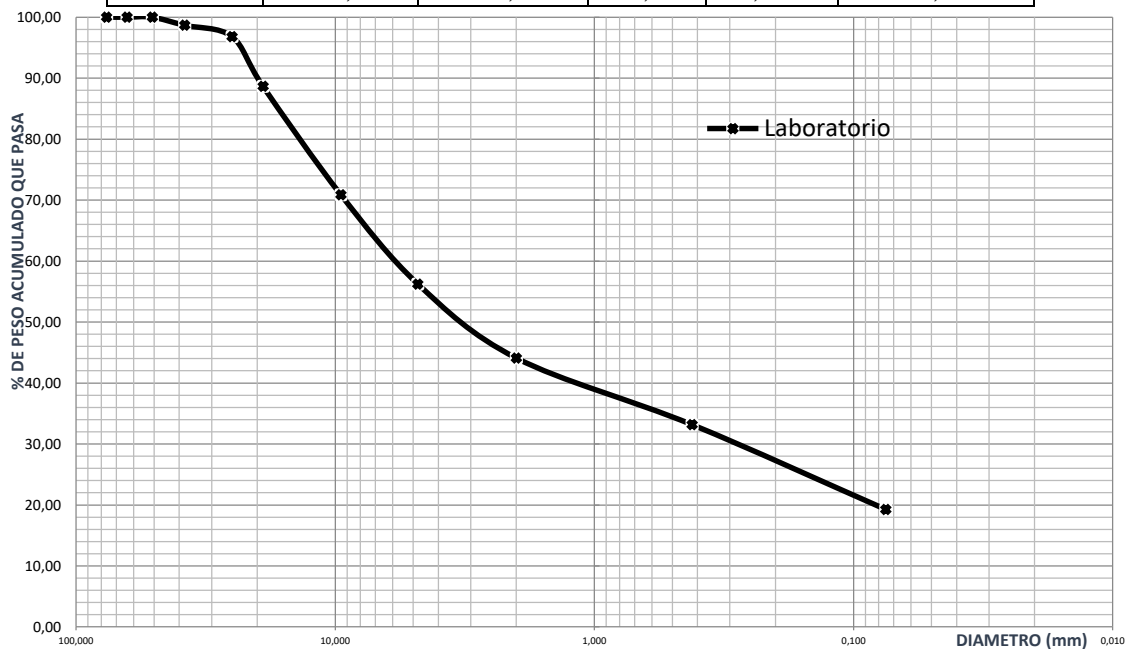
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado		Tamaño (mm)	% que pasa del total
		(gr)	(%)		
21/2"	0,00	0,00	0,00	63,50	100,00
2"	0,00	0,00	0,00	50,80	100,00
1 1/2"	169,00	169,00	3,66	38,10	96,34
1"	225,00	394,00	8,52	25,00	91,48
3/4"	139,00	533,00	11,53	19,00	88,47
3/8"	719,00	1252,00	27,08	9,50	72,92
N°4	730,00	1982,00	42,87	4,80	57,13
N°10	623,00	2605,00	56,35	2,00	43,65
N°40	119,00	119,00	24,25	0,42	33,06
N°200	245,00	364,00	74,18	0,075	11,27



LÍMITES DE ATTERBERG		CLASIFICACIÓN
LL	NO PLÁSTICO	A-1-b (0)
LP	NO PLÁSTICO	
IP	NO PLÁSTICO	

Muestra 2

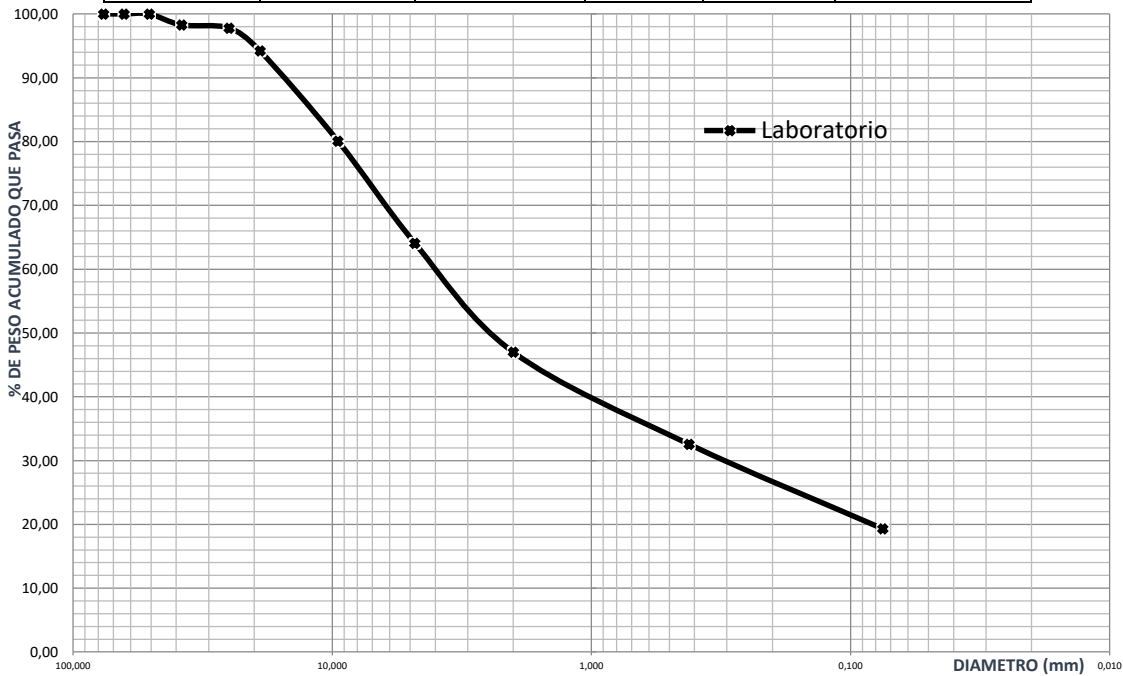
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado		Tamaño (mm)	% que pasa del Total
		(gr)	(%)		
3"	0,00	0,00	0,00	76,20	100,00
2 1/2"	0,00	0,00	0,00	63,50	100,00
2"	0,00	0,00	0,00	50,80	100,00
1 1/2"	56,00	56,00	1,33	38,10	98,67
1"	78,00	134,00	3,18	25,00	96,82
3/4"	343,00	477,00	11,33	19,00	88,67
3/8"	750,00	1227,00	29,14	9,50	70,86
Nº4	615,00	1842,00	43,75	4,80	56,25
Nº10	512,00	2354,00	55,91	2,00	44,09
Nº40	120,00	120,00	24,76	0,42	33,17
Nº200	153,00	273,00	56,33	0,075	19,25



LÍMITES DE ATTERBERG		CLASIFICACIÓN
LL	23,94	A-1-b (0)
LP	18,25	
IP	5,69	

Muestra 3

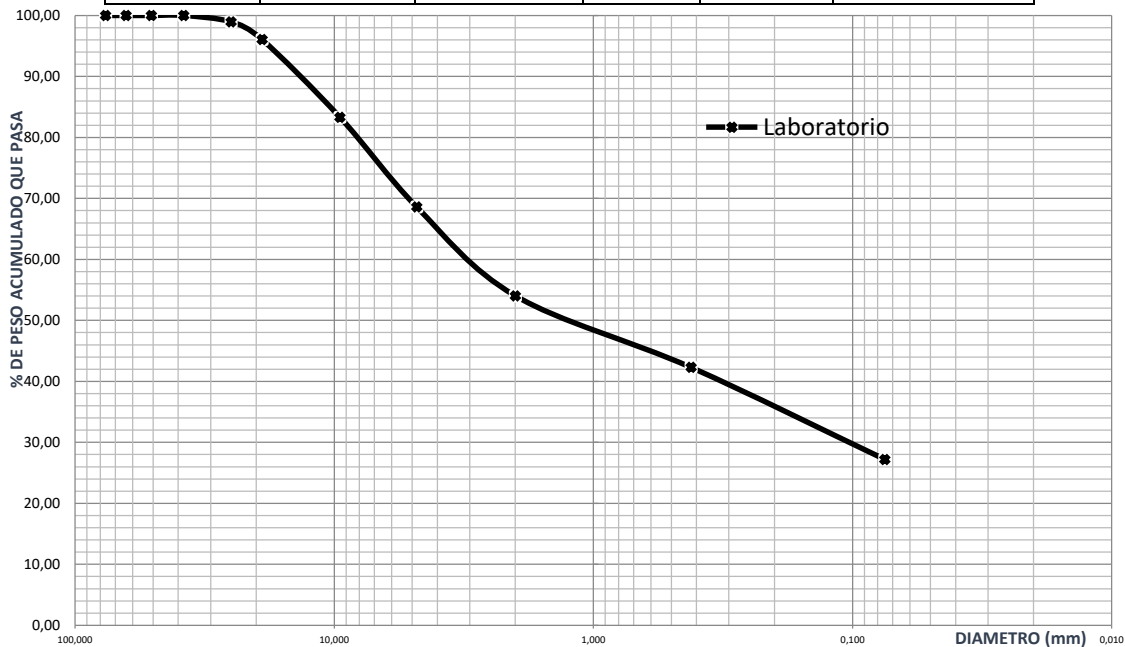
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado		Tamaño (mm)	% que pasa del Total
		(gr)	(%)		
3"	0,00	0,00	0,00	76,20	100,00
2 1/2"	0,00	0,00	0,00	63,50	100,00
2"	0,00	0,00	0,00	50,80	100,00
1 1/2"	79,00	79,00	1,72	38,10	98,28
1"	22,00	101,00	2,20	25,00	97,80
3/4"	165,00	266,00	5,78	19,00	94,22
3/8"	650,00	916,00	19,91	9,50	80,09
Nº4	736,00	1652,00	35,91	4,80	64,09
Nº10	787,00	2439,00	53,01	2,00	46,99
Nº40	150,00	150,00	30,68	0,42	32,57
Nº200	138,00	288,00	58,91	0,075	19,31



LÍMITES DE ATTERBERG		CLASIFICACIÓN
LL	25,72	
LP	15,50	
IP	10,22	
		A-2-6 (0)

Muestra 4

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado		Tamaño (mm)	% que pasa del Total
		(gr)	(%)		
3"	0,00	0,00	0,00	76,20	100,00
2 1/2"	0,00	0,00	0,00	63,50	100,00
2"	0,00	0,00	0,00	50,80	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	0,00	38,10	100,00
1"	51,00	51,00	1,03	25,00	98,97
3/4"	143,00	194,00	3,92	19,00	96,08
3/8"	631,00	825,00	16,68	9,50	83,32
N°4	728,00	1553,00	31,39	4,80	68,61
N°10	720,00	2273,00	45,95	2,00	54,05
N°40	105,00	105,00	21,71	0,42	42,32
N°200	135,00	240,00	49,62	0,075	27,23



LÍMITES DE ATTERBERG		CLASIFICACIÓN
LL	22,96	
LP	18,26	
IP	4,70	A-2-4 (0)

Muestra 5

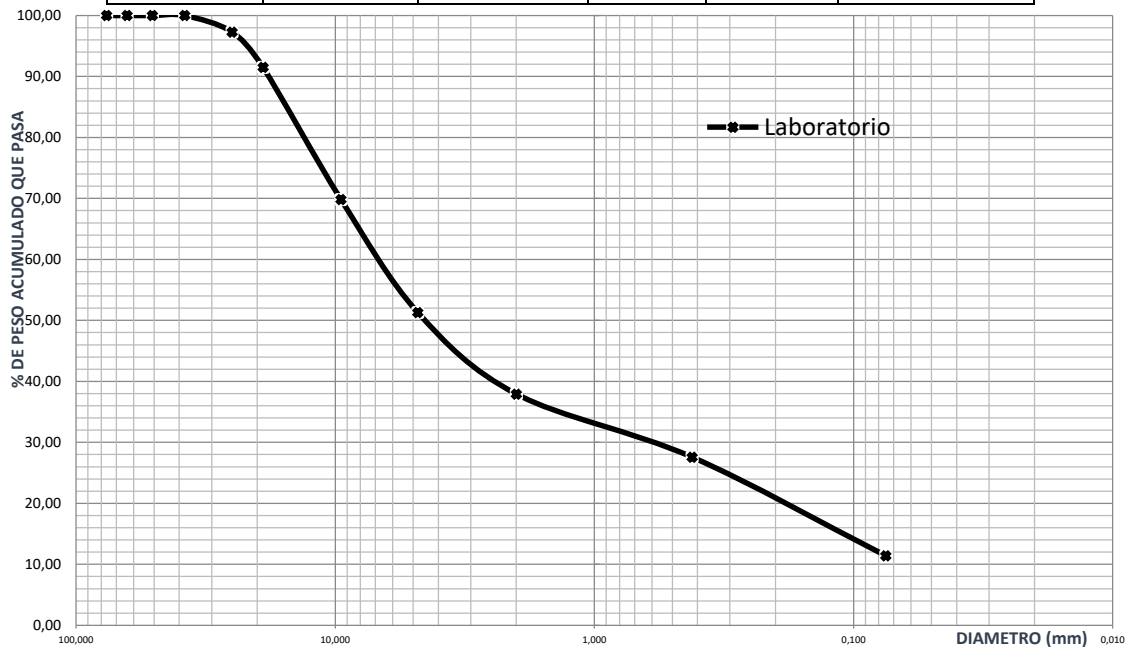
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado		Tamaño (mm)	% que pasa del Total
		(gr)	(%)		
3"	0,00	0,00	0,00	76,20	100,00
2 1/2"	0,00	0,00	0,00	63,50	100,00
2"	0,00	0,00	0,00	50,80	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	0,00	38,10	100,00
1"	165,00	165,00	3,53	25,00	96,47
3/4"	317,00	482,00	10,31	19,00	89,69
3/8"	1177,00	1659,00	35,50	9,50	64,50
N°4	930,00	2589,00	55,40	4,80	44,60
N°10	577,00	3166,00	67,75	2,00	32,25
N°40	113,00	113,00	22,90	0,42	24,87
N°200	151,00	264,00	53,49	0,075	15,00



LÍMITES DE ATTERBERG		CLASIFICACIÓN
LL	25,33	A-1-a (0)
LP	20,51	
IP	4,82	

Muestra 6

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado		Tamaño (mm)	% que pasa del Total
		(gr)	(%)		
3"	0,00	0,00	0,00	76,20	100,00
2 1/2"	0,00	0,00	0,00	63,50	100,00
2"	0,00	0,00	0,00	50,80	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	0,00	38,10	100,00
1"	128,00	128,00	2,68	25,00	97,32
3/4"	276,00	404,00	8,47	19,00	91,53
3/8"	1034,00	1438,00	30,15	9,50	69,85
N°4	884,00	2322,00	48,68	4,80	51,32
N°10	638,00	2960,00	62,06	2,00	37,94
N°40	131,00	131,00	27,26	0,42	27,60
N°200	205,00	336,00	69,91	0,075	11,42



LÍMITES DE ATTERBERG		CLASIFICACIÓN
LL	NO PLÁSTICO	A-1-a (0)
LP	NO PLÁSTICO	
IP	NO PLÁSTICO	

Muestra 7

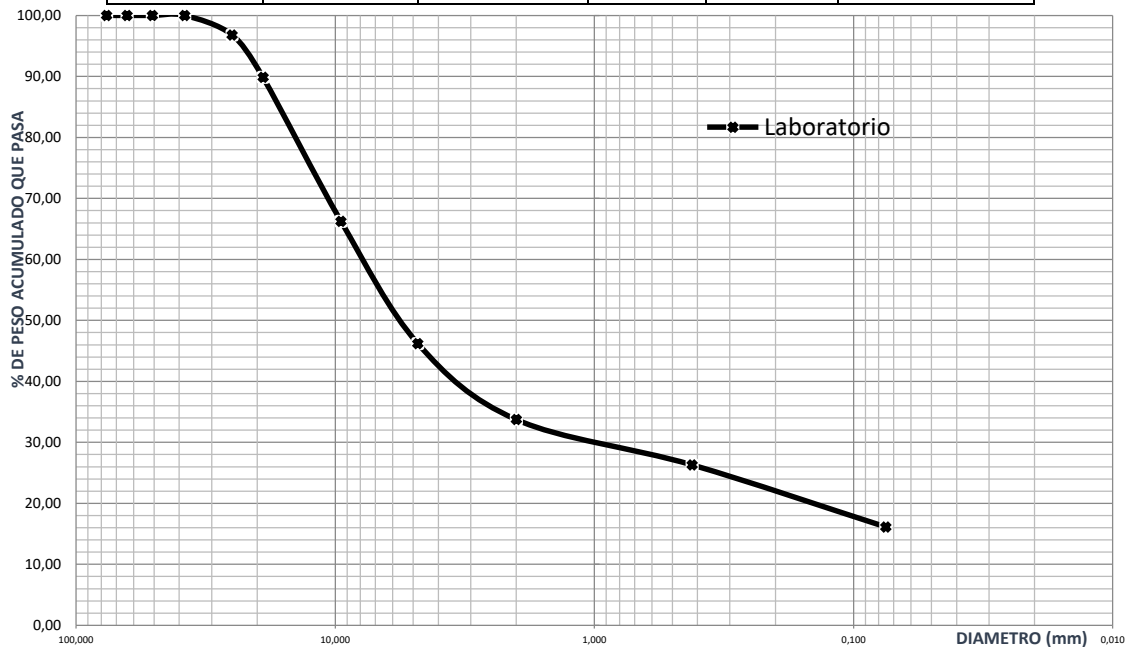
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado		Tamaño (mm)	% que pasa del Total
		(gr)	(%)		
3"	0,00	0,00	0,00	76,20	100,00
2 1/2"	0,00	0,00	0,00	63,50	100,00
2"	0,00	0,00	0,00	50,80	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	0,00	38,10	100,00
1"	45,00	45,00	0,95	25,00	99,05
3/4"	134,00	179,00	3,77	19,00	96,23
3/8"	624,00	803,00	16,91	9,50	83,09
N°4	731,00	1534,00	32,31	4,80	67,69
N°10	727,00	2261,00	47,62	2,00	52,38
N°40	110,00	110,00	22,76	0,42	40,46
N°200	138,00	248,00	51,31	0,075	25,51



LÍMITES DE ATTERBERG		CLASIFICACIÓN
LL	23,24	A-2-4 (0)
LP	17,62	
IP	5,62	

Muestra 8

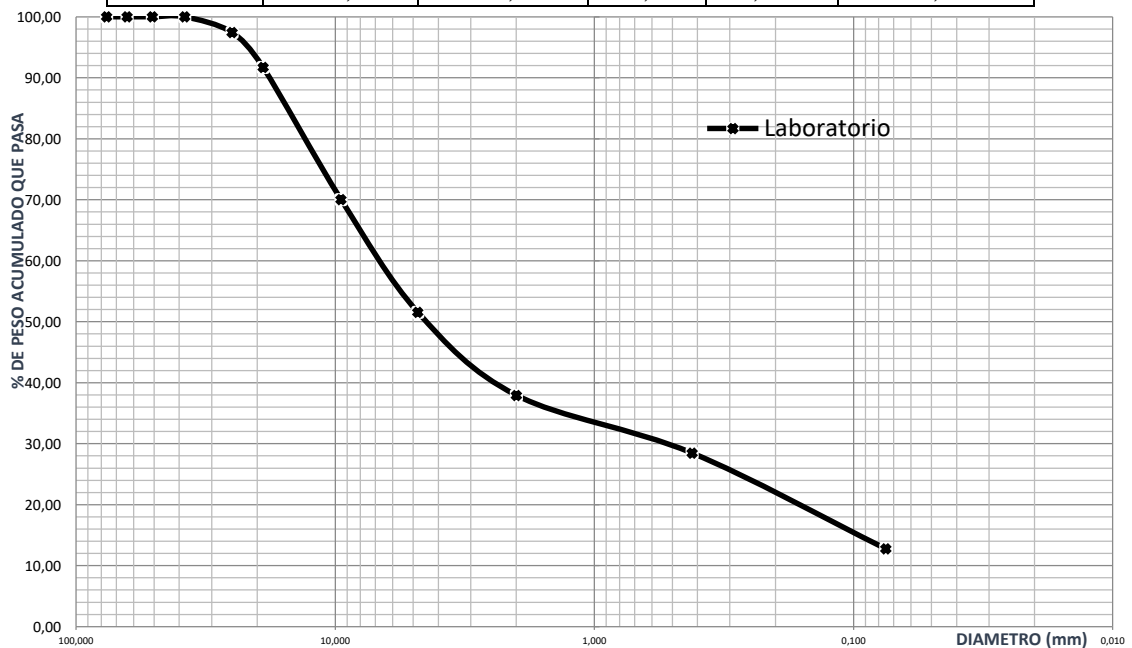
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado		Tamaño (mm)	% que pasa del Total
		(gr)	(%)		
3"	0,00	0,00	0,00	76,20	100,00
2 1/2"	0,00	0,00	0,00	63,50	100,00
2"	0,00	0,00	0,00	50,80	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	0,00	38,10	100,00
1"	148,00	148,00	3,18	25,00	96,82
3/4"	324,00	472,00	10,13	19,00	89,87
3/8"	1099,00	1571,00	33,73	9,50	66,27
Nº4	934,00	2505,00	53,78	4,80	46,22
Nº10	581,00	3086,00	66,25	2,00	33,75
Nº40	108,00	108,00	22,00	0,42	26,33
Nº200	148,00	256,00	52,14	0,075	16,15



LÍMITES DE ATTERBERG		CLASIFICACIÓN
LL	24,88	
LP	20,25	
IP	4,63	A-1-b (0)

Muestra 9

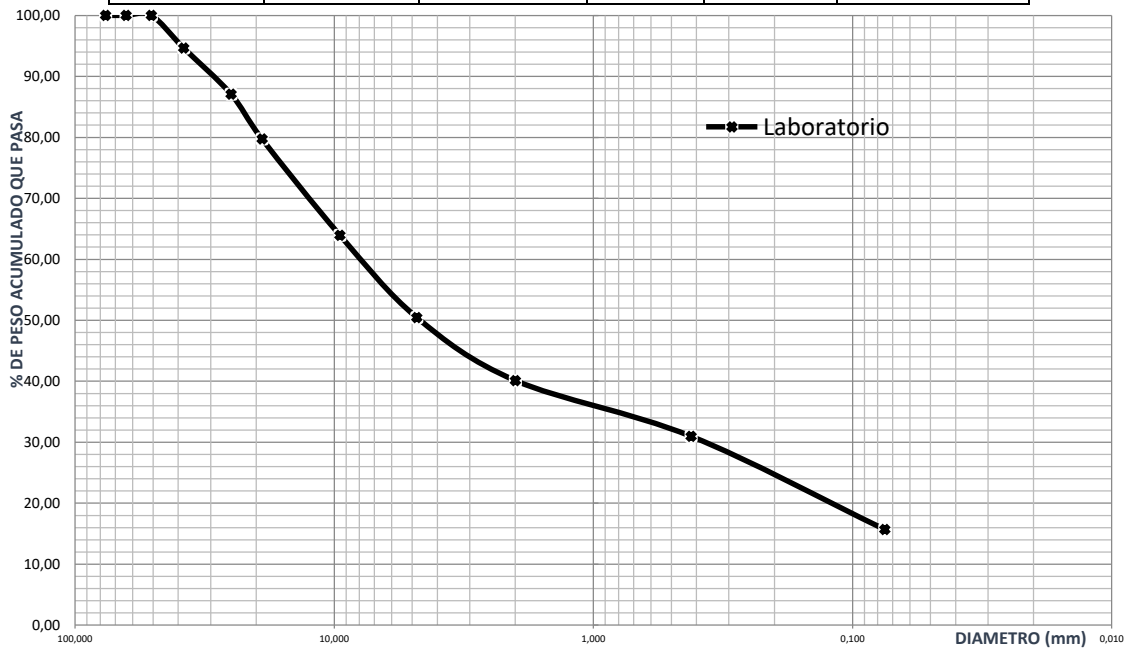
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado		Tamaño (mm)	% que pasa del Total
		(gr)	(%)		
3"	0,00	0,00	0,00	76,20	100,00
2 1/2"	0,00	0,00	0,00	63,50	100,00
2"	0,00	0,00	0,00	50,80	100,00
1 1/2"	0,00	0,00	0,00	38,10	100,00
1"	121,00	121,00	2,55	25,00	97,45
3/4"	270,00	391,00	8,25	19,00	91,75
3/8"	1028,00	1419,00	29,93	9,50	70,07
N°4	877,00	2296,00	48,43	4,80	51,57
N°10	646,00	2942,00	62,06	2,00	37,94
N°40	120,00	120,00	24,98	0,42	28,47
N°200	199,00	319,00	66,40	0,075	12,75



LÍMITES DE ATTERBERG		CLASIFICACIÓN
LL	NO PLÁSTICO	A-1-a (0)
LP	NO PLÁSTICO	
IP	NO PLÁSTICO	

Muestra 10

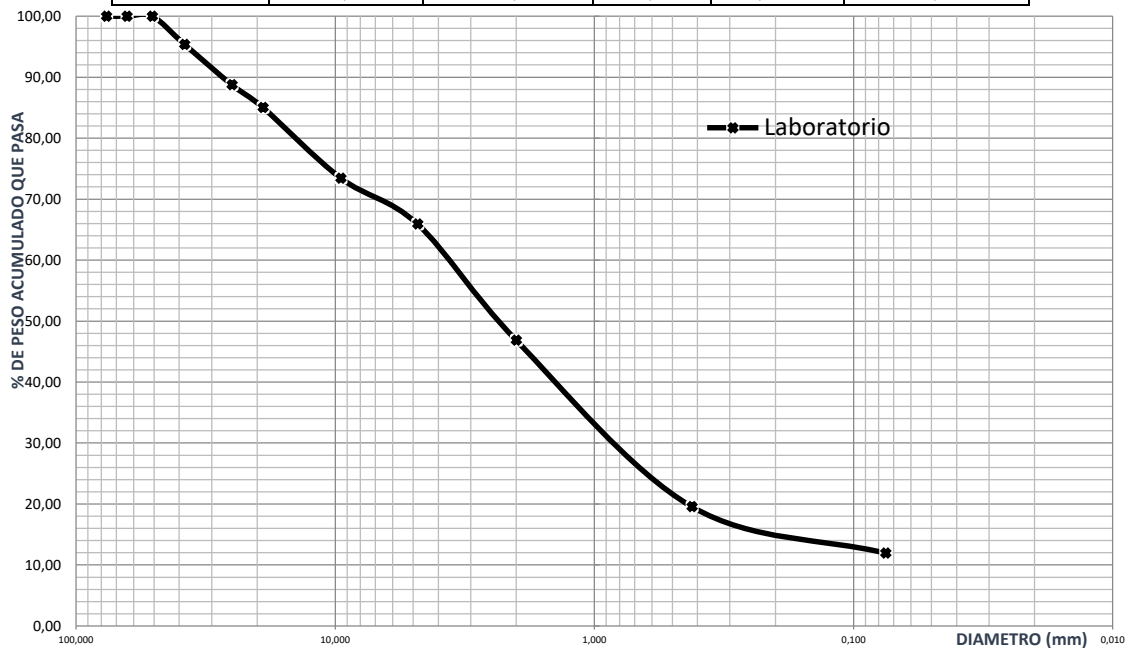
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado		Tamaño (mm)	% que pasa del Total
		(gr)	(%)		
3"	0,00	0,00	0,00	76,20	100,00
2 1/2"	0,00	0,00	0,00	63,50	100,00
2"	0,00	0,00	0,00	50,80	100,00
1 1/2"	251,00	251,00	5,34	38,10	94,66
1"	356,00	607,00	12,91	25,00	87,09
3/4"	345,00	952,00	20,25	19,00	79,75
3/8"	743,00	1695,00	36,06	9,50	63,94
N°4	634,00	2329,00	49,54	4,80	50,46
N°10	486,00	2815,00	59,88	2,00	40,12
N°40	110,00	110,00	22,80	0,42	30,97
N°200	184,00	294,00	60,93	0,075	15,67



LÍMITES DE ATTERBERG		CLASIFICACIÓN
LL	24,51	A-1-b (0)
LP	18,89	
IP	5,62	

Muestra 11

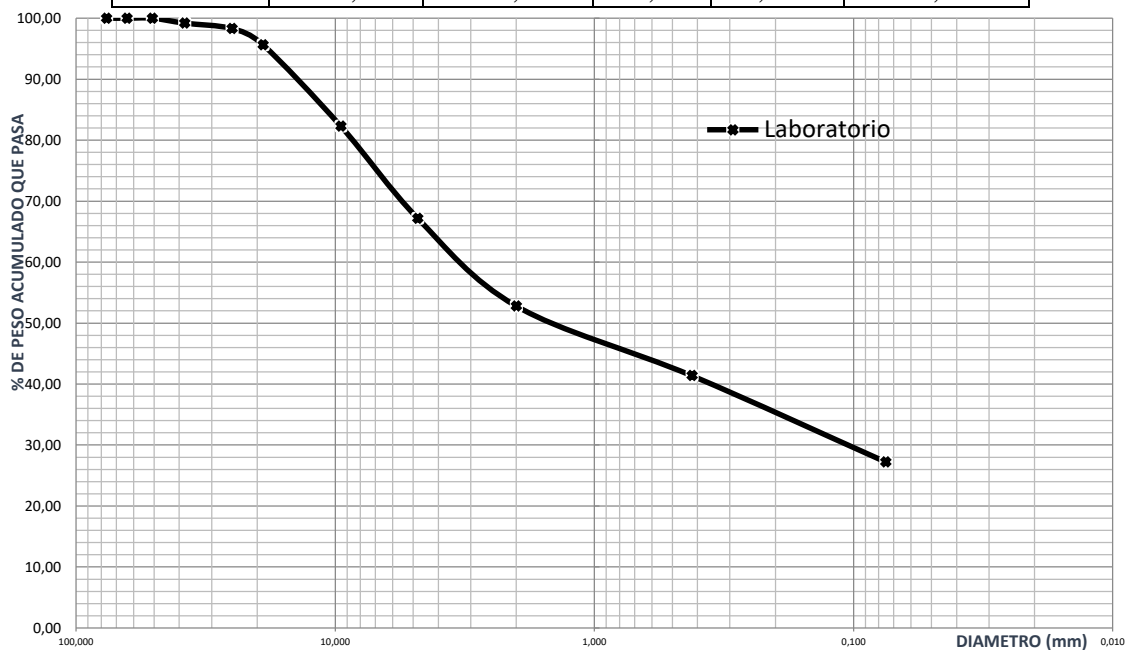
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado		Tamaño (mm)	% que pasa del Total
		(gr)	(%)		
3"	0,00	0,00	0,00	76,20	100,00
2 1/2"	0,00	0,00	0,00	63,50	100,00
2"	0,00	0,00	0,00	50,80	100,00
1 1/2"	212,00	212,00	4,62	38,10	95,38
1"	305,00	517,00	11,28	25,00	88,72
3/4"	169,00	686,00	14,96	19,00	85,04
3/8"	532,00	1218,00	26,57	9,50	73,43
Nº4	346,00	1564,00	34,12	4,80	65,88
Nº10	872,00	2436,00	53,14	2,00	46,86
Nº40	276,00	276,00	58,23	0,42	19,57
Nº200	77,00	353,00	74,47	0,075	11,96



LÍMITES DE ATTERBERG		CLASIFICACIÓN
LL	NO PLÁSTICO	A-1-a (0)
LP	NO PLÁSTICO	
IP	NO PLÁSTICO	

Muestra 12

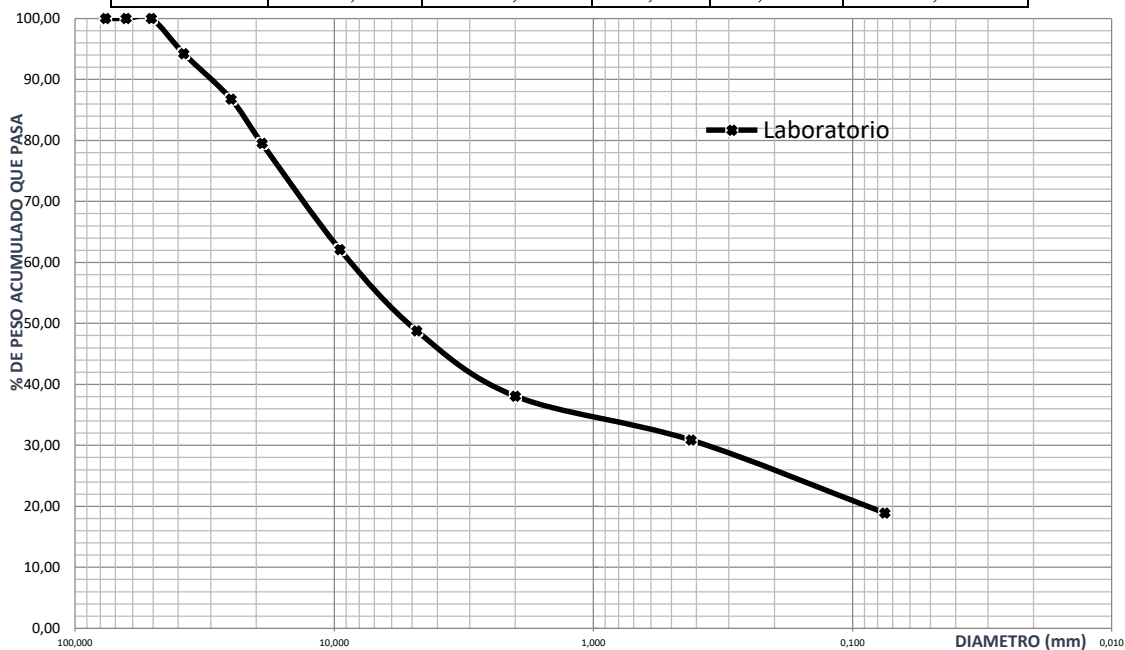
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado		Tamaño (mm)	% que pasa del Total
		(gr)	(%)		
3"	0,00	0,00	0,00	76,20	100,00
2 1/2"	0,00	0,00	0,00	63,50	100,00
2"	0,00	0,00	0,00	50,80	100,00
1 1/2"	39,00	39,00	0,81	38,10	99,19
1"	43,00	82,00	1,70	25,00	98,30
3/4"	128,00	210,00	4,35	19,00	95,65
3/8"	645,00	855,00	17,73	9,50	82,27
Nº4	728,00	1583,00	32,82	4,80	67,18
Nº10	694,00	2277,00	47,21	2,00	52,79
Nº40	105,00	105,00	21,64	0,42	41,37
Nº200	130,00	235,00	48,43	0,075	27,22



LÍMITES DE ATTERBERG		CLASIFICACIÓN
LL	23,71	A-2-4 (0)
LP	18,13	
IP	5,58	

Muestra 13

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado		Tamaño (mm)	% que pasa del Total
		(gr)	(%)		
3"	0,00	0,00	0,00	76,20	100,00
2 1/2"	0,00	0,00	0,00	63,50	100,00
2"	0,00	0,00	0,00	50,80	100,00
1 1/2"	263,00	263,00	5,73	38,10	94,27
1"	343,00	606,00	13,20	25,00	86,80
3/4"	334,00	940,00	20,47	19,00	79,53
3/8"	799,00	1739,00	37,88	9,50	62,12
N°4	612,00	2351,00	51,21	4,80	48,79
N°10	492,00	2843,00	61,92	2,00	38,08
N°40	91,00	91,00	18,92	0,42	30,88
N°200	151,00	242,00	50,30	0,075	18,92



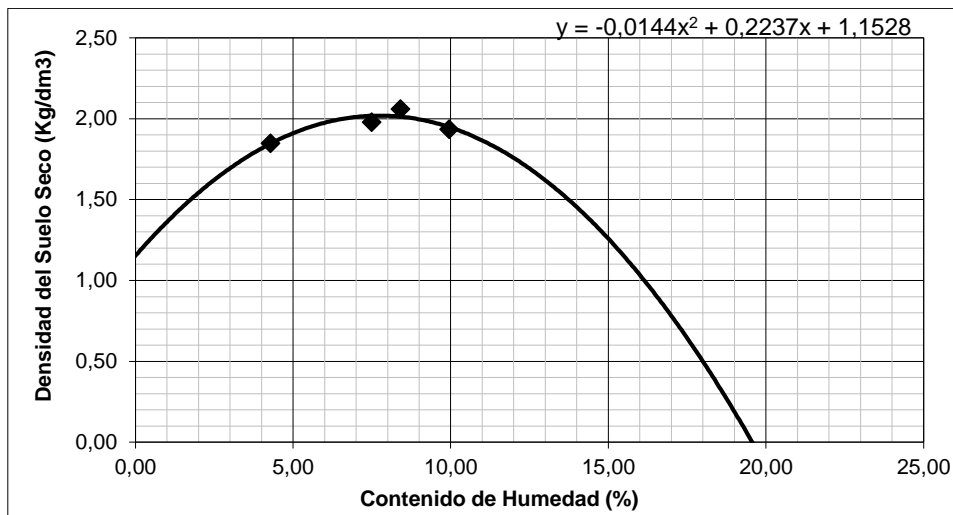
LÍMITES DE ATTERBERG		CLASIFICACIÓN
LL	24,38	
LP	18,29	
IP	6,09	

A-2-4 (0)

4.2.2.2. Densidades máximas y humedades óptimas

Muestra 1

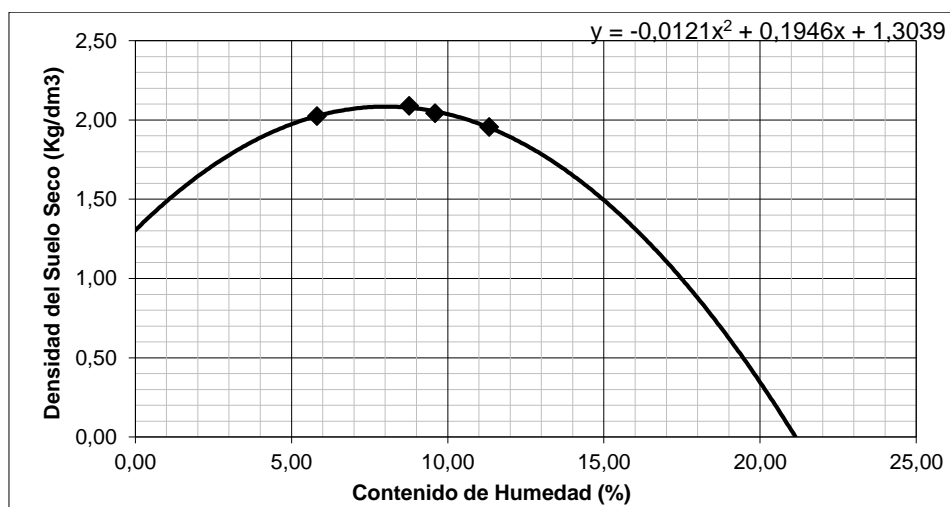
Cápsula N°	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	4,27	7,48	8,40	9,94
Densidad suelo seco (g/cm ³)	1,85	1,98	2,06	1,94



Densidad máxima **2,02 g/cm³**
Humedad óptima **7,77 %**

Muestra 2

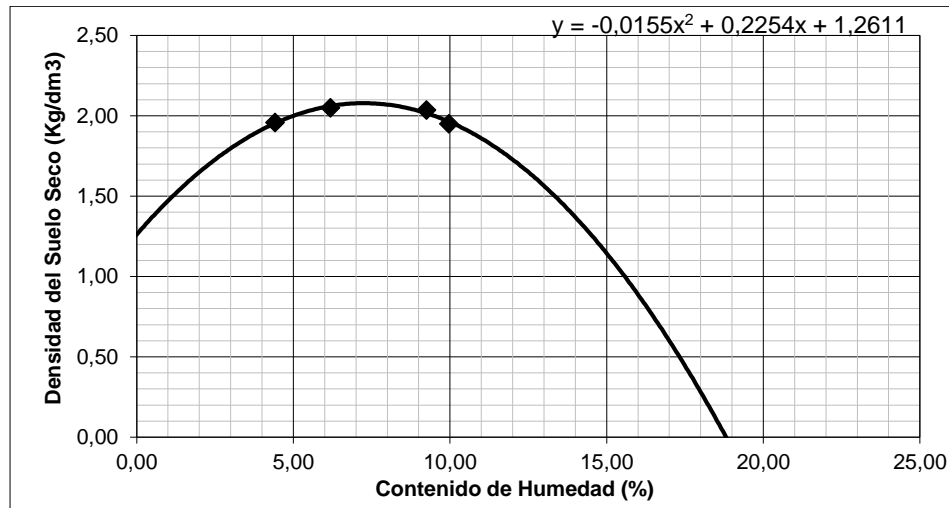
Cápsula N°	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	5,81	8,76	9,60	11,32
Densidad suelo seco (g/cm ³)	2,02	2,09	2,04	1,96



Densidad máxima **2,09 g/cm³**
Humedad óptima **8,04 %**

Muestra 3

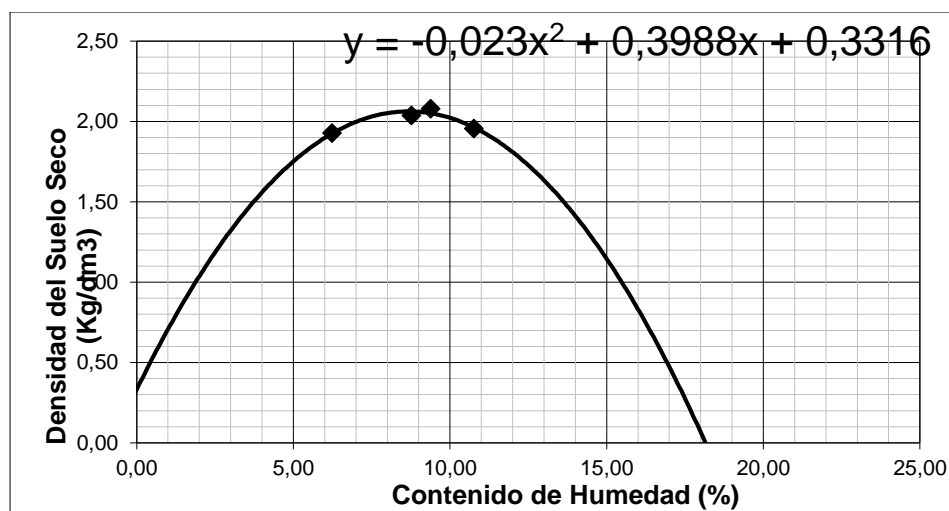
Cápsula N°	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	4,42	6,19	9,25	9,96
Densidad suelo seco (g/cm ³)	1,96	2,05	2,04	1,95



Densidad máxima **2,08 g/cm³**
Humedad óptima **7,27 %**

Muestra 4

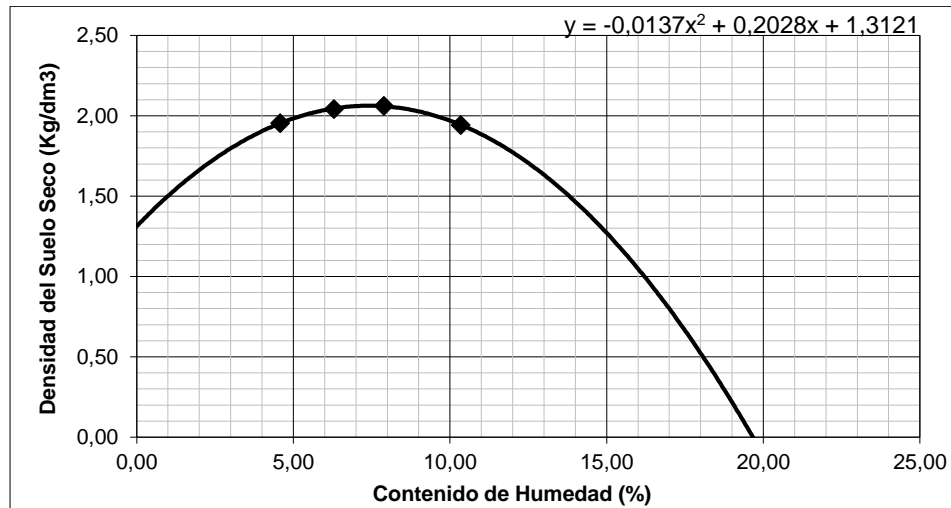
Cápsula N°	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	6,24	8,77	9,39	10,76
Densidad suelo seco (g/cm ³)	1,93	2,04	2,08	1,96



Densidad máxima **2,06 g/cm³**
Humedad óptima **8,67 %**

Muestra 5

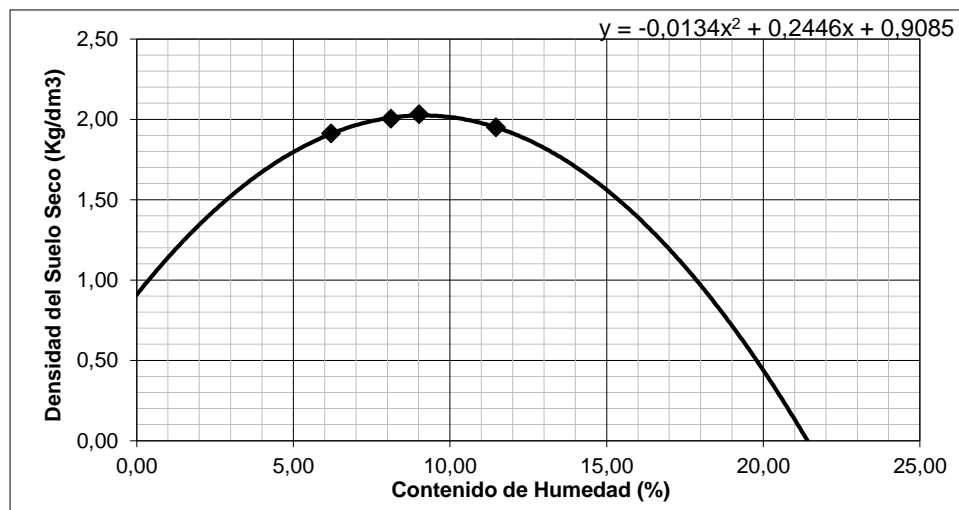
Cápsula N°	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	4,58	6,30	7,89	10,35
Densidad suelo seco (g/cm ³)	1,95	2,04	2,06	1,94



Densidad máxima **2,06 g/cm³**
Humedad óptima **7,40 %**

Muestra 6

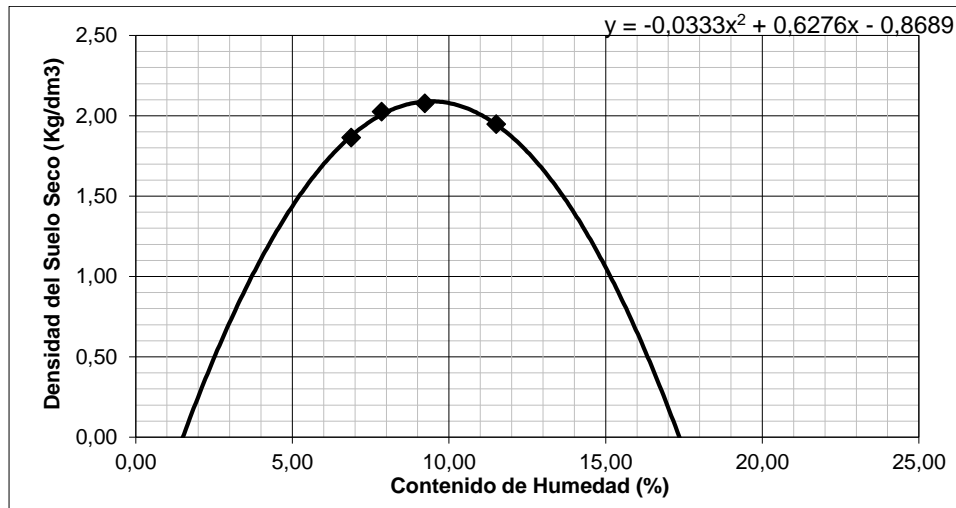
Cápsula N°	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	6,21	8,12	9,02	11,47
Densidad suelo seco (g/cm ³)	1,91	2,00	2,03	1,95



Densidad máxima **2,02 g/cm³**
Humedad óptima **9,13 %**

Muestra 7

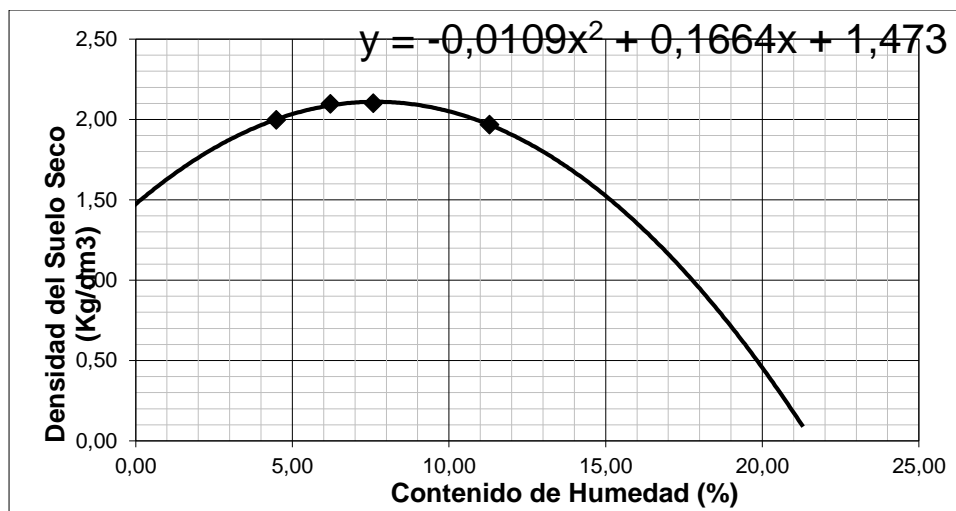
Cápsula N°	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	6,88	7,85	9,23	11,51
Densidad suelo seco (g/cm ³)	1,86	2,02	2,08	1,95



Densidad máxima **2,09 g/cm³**
Humedad óptima **9,42 %**

Muestra 8

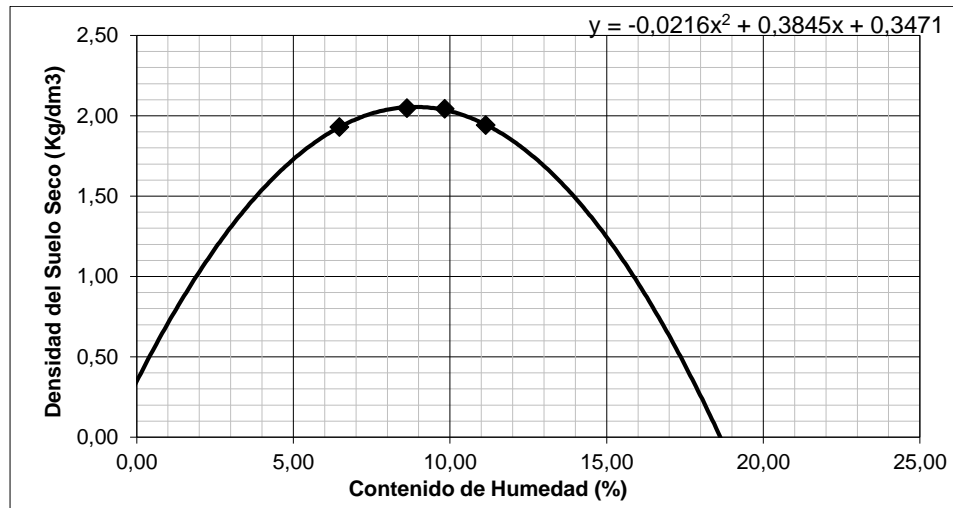
Cápsula N°	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	4,49	6,22	7,58	11,30
Densidad suelo seco (g/cm ³)	2,00	2,10	2,10	1,97



Densidad máxima **2,11 g/cm³**
Humedad óptima **7,63 %**

Muestra 9

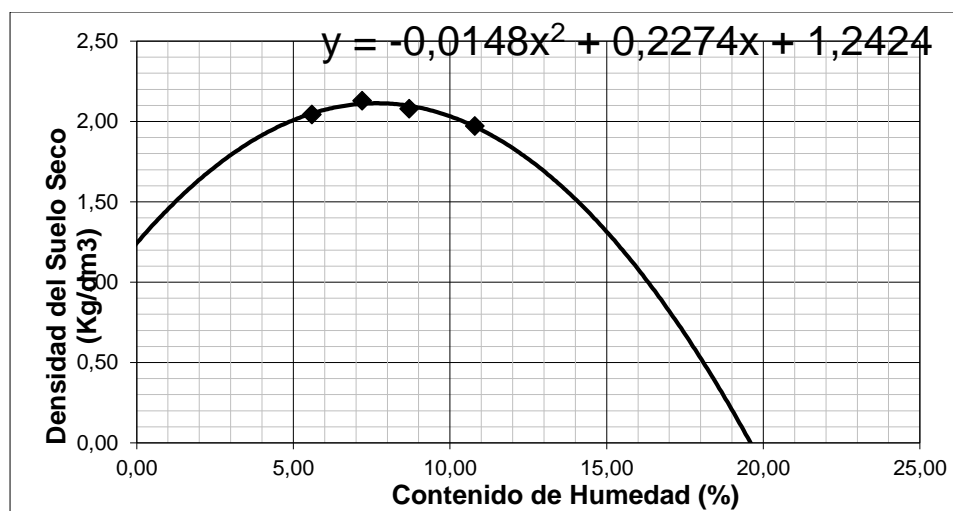
Cápsula N°	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	6,47	8,63	9,83	11,14
Densidad suelo seco (g/cm ³)	1,93	2,05	2,04	1,94



Densidad máxima **2,06 g/cm³**
Humedad óptima **8,90 %**

Muestra 10

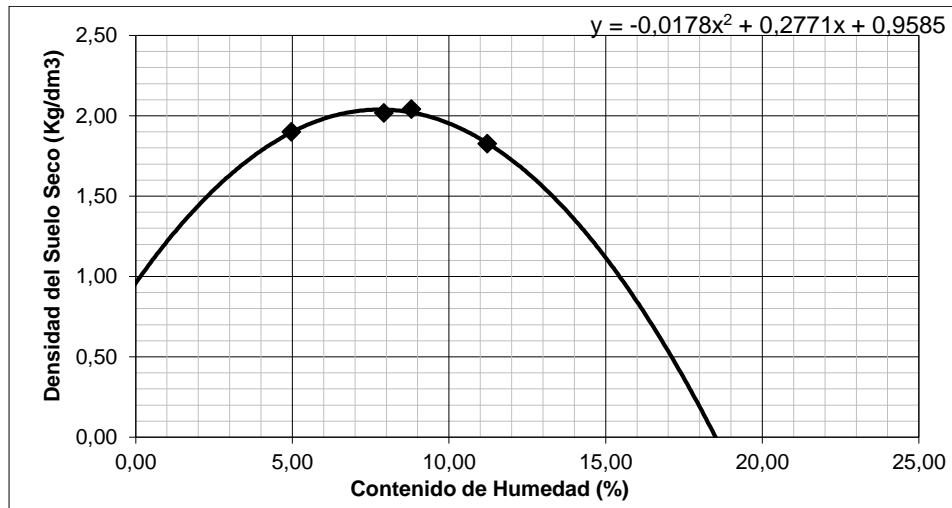
Cápsula N°	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	5,60	7,20	8,70	10,79
Densidad suelo seco (g/cm ³)	2,04	2,13	2,08	1,97



Densidad máxima **2,11 g/cm³**
Humedad óptima **7,63 %**

Muestra 11

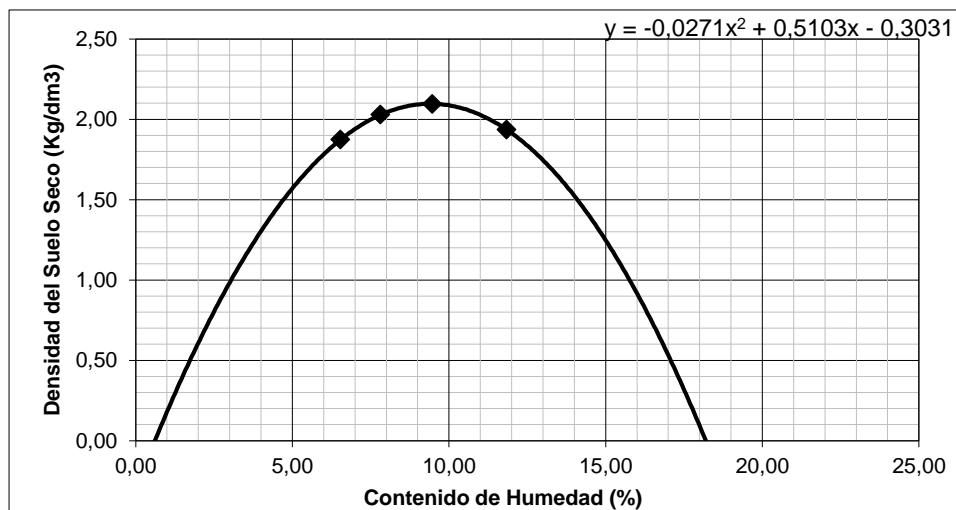
Cápsula N°	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	4,97	7,92	8,80	11,23
Densidad suelo seco (g/cm ³)	1,90	2,02	2,04	1,83



Densidad máxima **2,04 g/cm³**
Humedad óptima **7,78 %**

Muestra 12

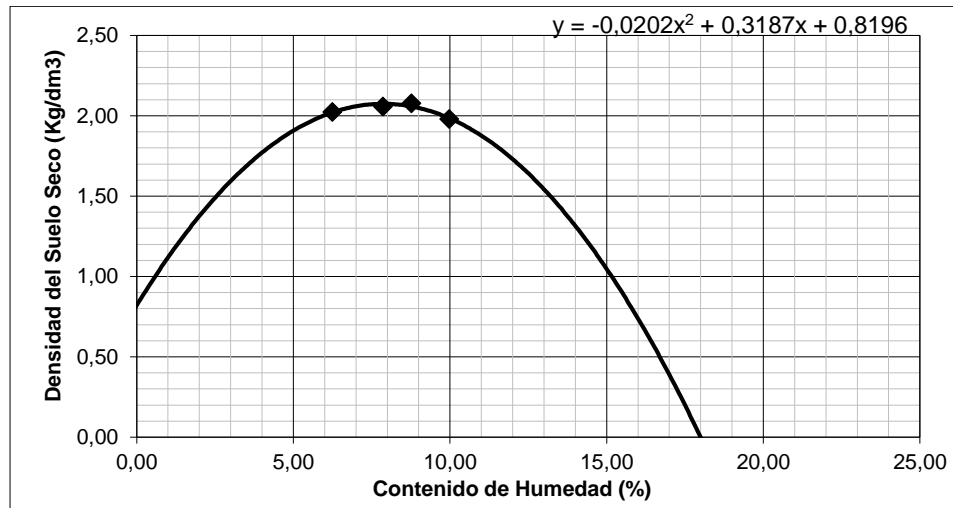
Cápsula N°	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	6,54	7,81	9,46	11,84
Densidad suelo seco (g/cm ³)	1,87	2,03	2,09	1,94



Densidad máxima **2,10 g/cm³**
Humedad óptima **9,42 %**

Muestra 13

Cápsula N°	1	2	3	4
Contenido de humedad (%)	6,25	7,86	8,77	9,98
Densidad suelo seco (g/cm ³)	2,02	2,06	2,08	1,98



Densidad máxima **2,08 g/cm³**
Humedad óptima **7,89 %**

4.2.2.2.3. Valor Soporte C.B.R.

Muestra N° 1

57 % fino

43 % grueso

Densidad máxima= 2,02 gr/cm³ % Humedad óptima= 7,77 %

Peso del suelo húmedo= 5000,00 gr.

Peso del plato (gr.) = 93,10

Psh + plato (gr.) = 303,80

Pss + plato (gr.) = 301,60

Pa (gr.) = 2,20

Pss (gr.) = 208,50

% H. natural= 1,06 %

El agua real se calcula

$$\% \text{ Agua real} = \% H \text{ opt.} - \% H \text{ nat.} + 0.3 \%$$

$$\% \text{ agua real} = 7,01$$

El peso total seco resulta de

$$P_{ss} = \frac{P_{sh} * 100}{\% H \text{ nat.} + 100}$$

$$P_{ss} = 4947,56 \text{ gr.}$$

Con estos resultados obtenemos el agua necesaria para el C.B.R. de la siguiente manera

$$\text{Agua C.B.R.} = \frac{P_{ss} * \% \text{ Agua real}}{100}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 346,82 \text{ ml.} = 347 \text{ ml.}$$

Contenido de humedad y peso unitario

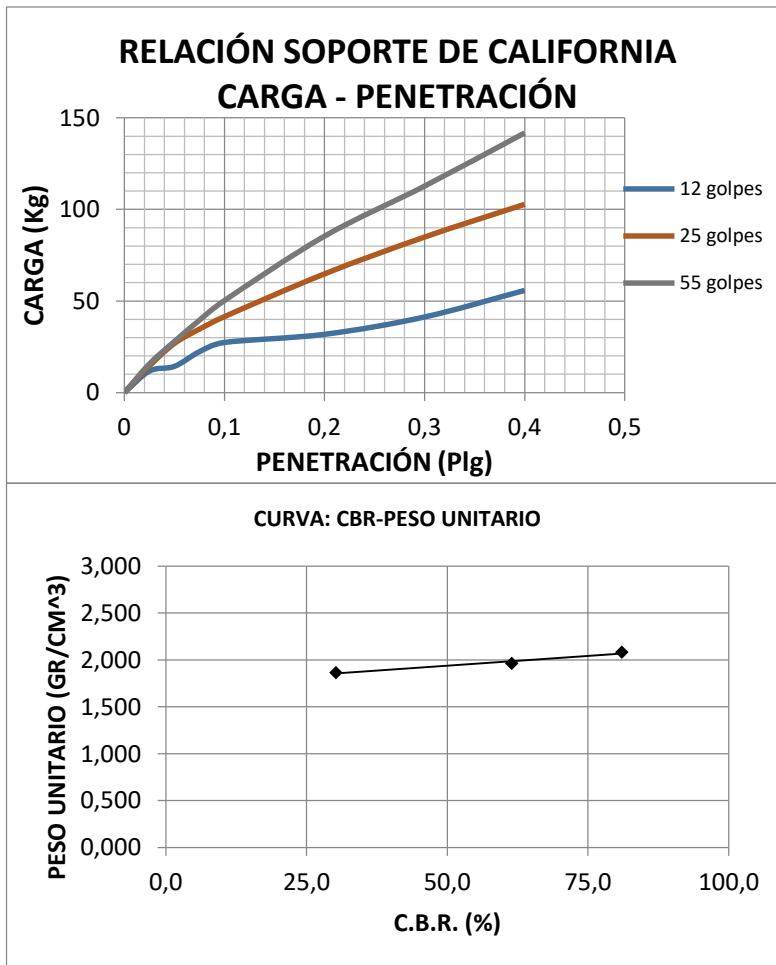
N° Capas	5	5	5
N° golpes por capa	12	25	56
Promedio cont. Humedad (%)	7,25	7,50	7,90
Peso unit. muestra seca (gr/cm³)	1,86	1,96	2,08

Expansión

FECHA	HORA	TIEMPO	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
		EN DÍAS	LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN	
				CM.	%		CM.	%		CM.	%
19-abr-18	09:36	1	61,00	6,10	0,00	53,00	5,30	0,00	8,10	0,81	0,00
20-abr-18	09:36	2	61,20	6,12	0,11	53,60	5,36	0,34	8,80	0,88	0,39
21-abr-18	09:36	3	61,80	6,18	0,45	54,10	5,41	0,62	9,00	0,90	0,51
22-abr-18	09:36	4	62,00	6,20	0,56	54,30	5,43	0,73	9,80	0,98	0,96

C.B.R. para 0,1” y 0,2”

Penetración		Carga normal	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Pulg.	mm	kg	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)
0,1	2,54	1360	39,00	59,00	71,50
0,2	5,08	2040	30,20	61,40	81,00



CBR 100% D.máx	70 %
CBR 95% D.Máx.	46 %

Muestra N° 2

56 % fino

44 % grueso

Densidad máxima= 2,09 gr/cm³

% Humedad óptima= 8,04 %

Peso del suelo húmedo= 5000,00 gr.

Peso del plato (gr.) = 92,80

Psh + plato (gr.) = 295,10

Pss + plato (gr.) = 292,80

Pa (gr.) = 2,30

Pss (gr.) = 200,00

% H. natural= 1,15 %

El agua real se calcula

$$\% \text{ Agua real} = \% H \text{ opt.} - \% H \text{ nat.} + 0.3 \%$$

$$\% \text{ agua real} = 7,19$$

El peso total seco resulta de

$$Pss = \frac{Psh * 100}{\% H \text{ nat.} + 100}$$

$$Pss = 4943,15 \text{ gr.}$$

Con estos resultados obtenemos el agua necesaria para el C.B.R. de la siguiente manera

$$\text{Agua C.B.R.} = \frac{Pss * \% \text{ Agua real}}{100}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 355,41 \text{ ml.}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 356 \text{ ml.}$$

Contenido de humedad y peso unitario

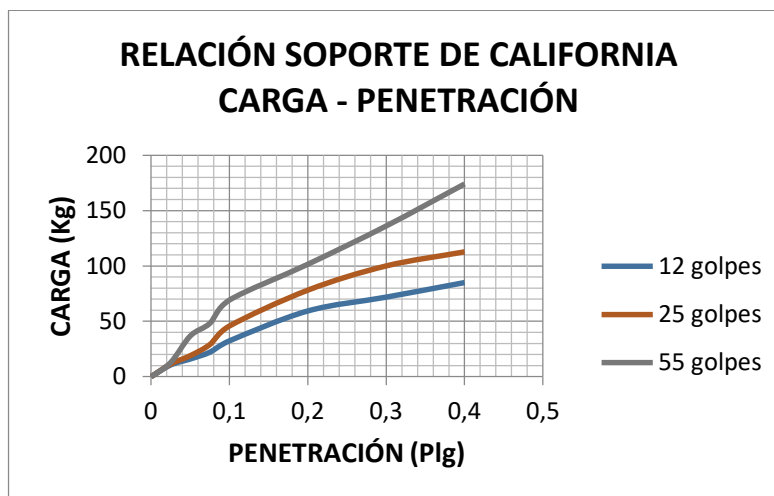
N° Capas	5	5	5
N° golpes por capa	12	25	56
Promedio cont. Humedad (%)	8,24	8,04	8,17
Peso unit. muestra seca (gr/cm³)	1,89	2,04	2,08

Expansión

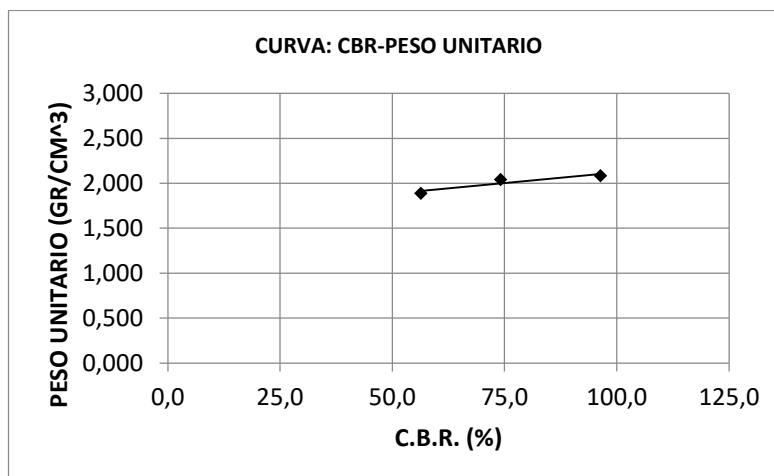
FECHA	HORA	TIEMPO	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
		EN DÍAS	LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN	
				CM.	%		CM.	%		CM.	%
1-oct-18	15:15	1	11,30	1,13	0,00	9,80	0,98	0,00	0,45	0,05	0,00
2-oct-18	15:15	2	12,00	1,20	0,39	10,10	1,01	0,17	0,50	0,05	0,03
3-oct-18	15:15	3	12,50	1,25	0,67	10,80	1,08	0,56	0,80	0,08	0,20
4-oct-18	15:15	4	12,90	1,29	0,90	11,20	1,12	0,79	0,95	0,10	0,28

C.B.R. para 0,1" y 0,2"

Penetración		Carga normal	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Pulg.	mm	kg	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)
0,1	2,54	1360	46,10	65,20	98,50
0,2	5,08	2040	56,40	74,10	96,40



CBR 100% D.máx	90 %
CBR 95% D.Máx.	71 %



Muestra N° 3

64% fino

36 % grueso

Densidad máxima= 2,08 gr/cm³ % Humedad óptima= 7,27 %

Peso del suelo húmedo= 5000,00 gr.

Peso del plato (gr.) = 92,50

Psh + plato (gr.) = 297,40

Pss + plato (gr.) = 294,20

Pa (gr.) = 3,20

Pss (gr.) = 201,70

% H. natural= 1,59 %

El agua real se calcula

$$\% \text{ Agua real} = \% H \text{ opt.} - \% H \text{ nat.} + 0.3 \%$$

$$\% \text{ agua real} = 5,98$$

El peso total seco resulta de

$$Pss = \frac{Psh * 100}{\% H \text{ nat.} + 100}$$

$$Pss = 4921,74 \text{ gr.}$$

Con estos resultados obtenemos el agua necesaria para el C.B.R. de la siguiente manera

$$\text{Agua C.B.R.} = \frac{Pss * \% \text{ Agua real}}{100}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 294,32 \text{ ml.}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 295 \text{ ml.}$$

Contenido de humedad y peso unitario

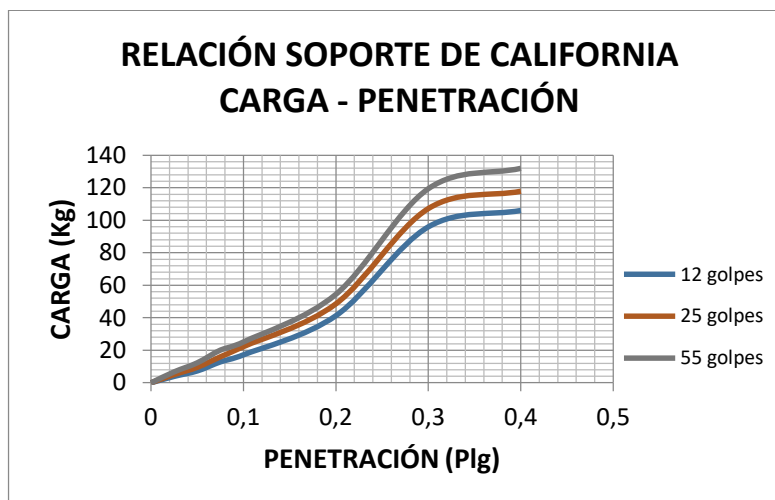
N° Capas	5	5	5
N° golpes por capa	12	25	56
Promedio cont. Humedad (%)	7,01	7,71	7,49
Peso unit. muestra seca (gr/cm³)	1,98	2,07	2,07

Expansión

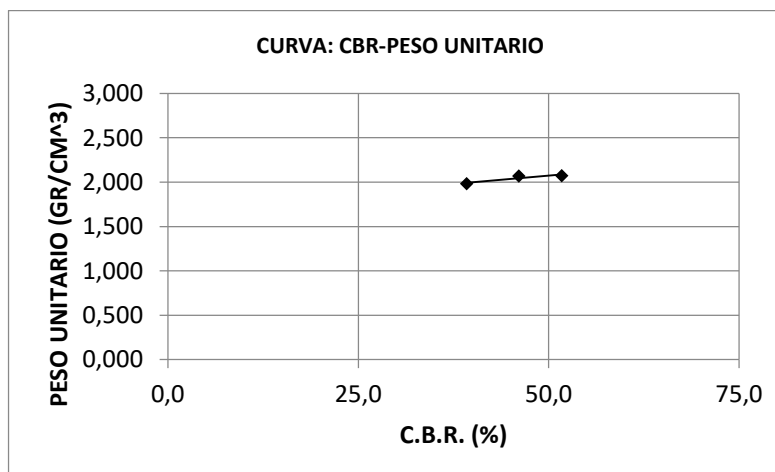
FECHA	HORA	TIEMPO	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
		EN	LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN	
		DÍAS		CM.	%		CM.	%		CM.	%
19-abr-18	17:30	1	47,00	4,70	0,00	34,00	3,40	0,00	24,00	2,40	0,00
20-abr-18	17:30	2	48,60	4,86	0,90	34,60	3,46	0,34	24,30	2,43	0,17
21-abr-18	17:30	3	49,00	4,90	1,12	35,40	3,54	0,79	25,10	2,51	0,62
22-abr-18	17:30	4	52,10	5,21	2,87	36,00	3,60	1,12	25,80	2,58	1,01

C.B.R. para 0,1” y 0,2”

Penetración		Carga normal	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Pulg.	mm	kg	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)
0,1	2,54	1360	24,50	31,70	35,80
0,2	5,08	2040	39,20	46,10	51,70



CBR 100% D.máx	50 %
CBR 95% D.Máx.	39 %



Muestra N° 4

69 % fino

31 % grueso

Densidad máxima= 2,06 gr/cm³ % Humedad óptima= 8,67 %

Peso del suelo húmedo= 5000,00 gr.

Peso del plato (gr.) = 93,40

Psh + plato (gr.) = 257,40

Pss + plato (gr.) = 253,80

Pa (gr.) = 3,60

Pss (gr.) = 160,40

% H. natural= 2,24 %

El agua real se calcula

$$\% \text{ Agua real} = \% H \text{ opt.} - \% H \text{ nat.} + 0.3 \%$$

$$\% \text{ agua real} = 6,73$$

El peso total seco resulta de

$$Pss = \frac{Psh * 100}{\% H \text{ nat.} + 100}$$

$$Pss = 4890,45 \text{ gr.}$$

Con estos resultados obtenemos el agua necesaria para el C.B.R. de la siguiente manera

$$\text{Agua C.B.R.} = \frac{Pss * \% \text{ Agua real}}{100}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 329,13 \text{ ml.}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 330 \text{ ml.}$$

Contenido de humedad y peso unitario

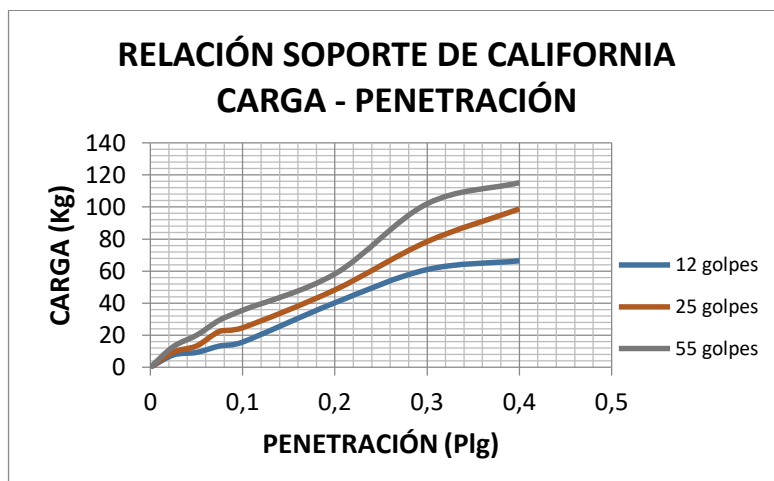
N° Capas	5	5	5
N° golpes por capa	12	25	56
Promedio cont. Humedad (%)	8,21	8,33	8,68
Peso unit. muestra seca (gr/cm³)	1,83	1,96	2,01

Expansión

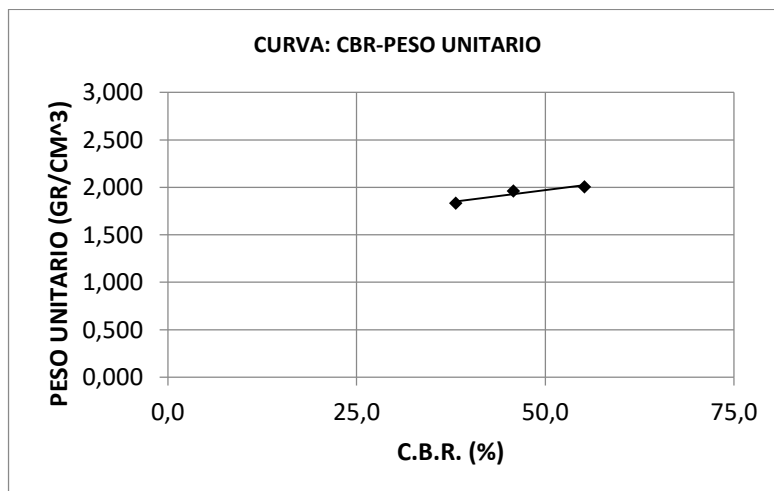
FECHA	HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
			LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN	
				CM.	%		CM.	%		CM.	%
1-oct-18	16:50	1	12,90	1,29	0,00	9,00	0,90	0,00	0,80	0,08	0,00
2-oct-18	16:50	2	13,40	1,34	0,28	9,20	0,92	0,11	1,20	0,12	0,22
3-oct-18	16:50	3	14,00	1,40	0,62	10,00	1,00	0,56	1,50	0,15	0,39
4-oct-18	16:50	4	14,80	1,48	1,07	10,60	1,06	0,90	2,10	0,21	0,73

C.B.R. para 0,1" y 0,2"

Penetración		Carga normal	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Pulg.	mm	kg	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)
0,1	2,54	1360	22,30	35,00	50,60
0,2	5,08	2040	38,10	45,80	55,20



CBR 100% D.máx	58 %
CBR 95% D.Máx.	48 %



Muestra N° 5

45 % fino

55 % grueso

Densidad máxima= 2,06 gr/cm³ % Humedad óptima= 7,40 %

Peso del suelo húmedo= 5000,00 gr.

Peso del plato (gr.) = 93,00

Psh + plato (gr.) = 402,00

Pss + plato (gr.) = 395,10

Pa (gr.) = 6,90

Pss (gr.) = 302,10

% H. natural= 2,28 %

El agua real se calcula

$$\% \text{ Agua real} = \% H \text{ opt.} - \% H \text{ nat.} + 0.3 \%$$

$$\% \text{ agua real} = 5,42$$

El peso total seco resulta de

$$Pss = \frac{Psh * 100}{\% H \text{ nat.} + 100}$$

$$Pss = 4888,54 \text{ gr.}$$

Con estos resultados obtenemos el agua necesaria para el C.B.R. de la siguiente manera

$$\text{Agua C.B.R.} = \frac{Pss * \% \text{ Agua real}}{100}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 264,96 \text{ ml.}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 265 \text{ ml.}$$

Contenido de humedad y peso unitario

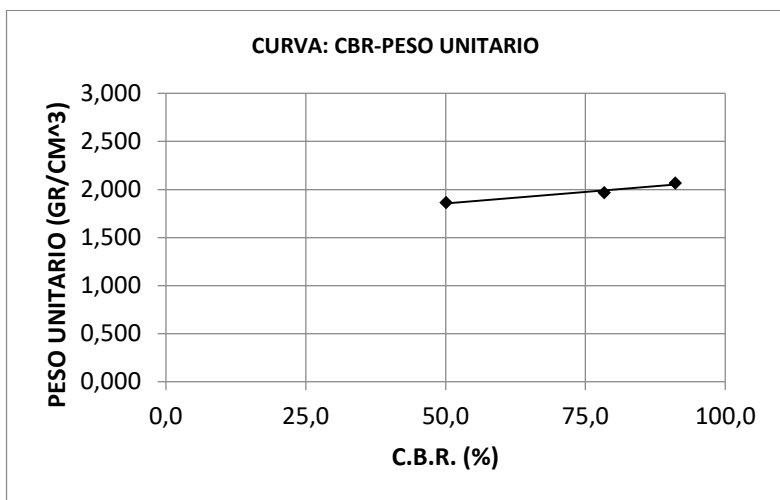
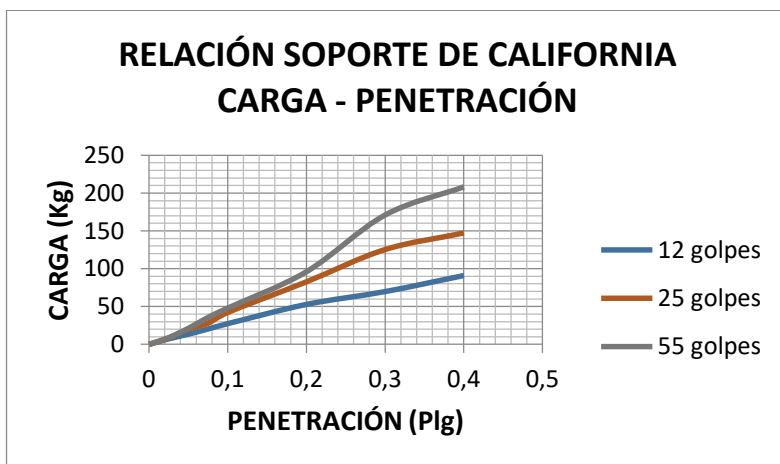
N° Capas	5	5	5
N° golpes por capa	12	25	56
Promedio cont. Humedad (%)	6,83	7,38	7,49
Peso unit. muestra seca (gr/cm³)	1,86	1,97	2,07

Expansión

FECHA	HORA	TIEMPO EN DIAS	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
			LECT. EXT.	EXPANSION		LECT. EXT.	EXPANSION		LECT. EXT.	EXPANSION	
				CM.	%		CM.	%		CM.	%
19-abr-18	17:07	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20-abr-18	17:07	2	0,50	0,05	0,28	0,25	0,03	0,14	0,16	0,02	0,09
21-abr-18	17:07	3	1,00	0,10	0,56	0,48	0,05	0,27	0,29	0,03	0,16
22-abr-18	17:07	4	1,20	0,12	0,67	0,50	0,05	0,28	0,48	0,05	0,27

C.B.R. para 0,1” y 0,2”

Penetración		Carga normal	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Pulg.	mm	kg	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)
0,1	2,54	1360	39,00	60,10	68,30
0,2	5,08	2040	50,10	78,40	91,10



CBR 100% D.máx	93 %
CBR 95% D.Máx.	72 %

Muestra N° 6

51 % fino

49 % grueso

Densidad máxima= 2,02 gr/cm³ % Humedad óptima= 9,13 %

Peso del suelo húmedo= 5000,00 gr.

Peso del plato (gr.) = 93,10

Psh + plato (gr.) = 396,70

Pss + plato (gr.) = 390,40

Pa (gr.) = 6,30

Pss (gr.) = 297,30

% H. natural= 2,11 %

El agua real se calcula

$$\% \text{ Agua real} = \% H \text{ opt.} - \% H \text{ nat.} + 0.3 \%$$

$$\% \text{ agua real} = 7,32$$

El peso total seco resulta de

$$Pss = \frac{Psh * 100}{\% H \text{ nat.} + 100}$$

$$Pss = 4896,68 \text{ gr.}$$

Con estos resultados obtenemos el agua necesaria para el C.B.R. de la siguiente manera

$$\text{Agua C.B.R.} = \frac{Pss * \% \text{ Agua real}}{100}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 358,44 \text{ ml.}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 359 \text{ ml.}$$

Contenido de humedad y peso unitario

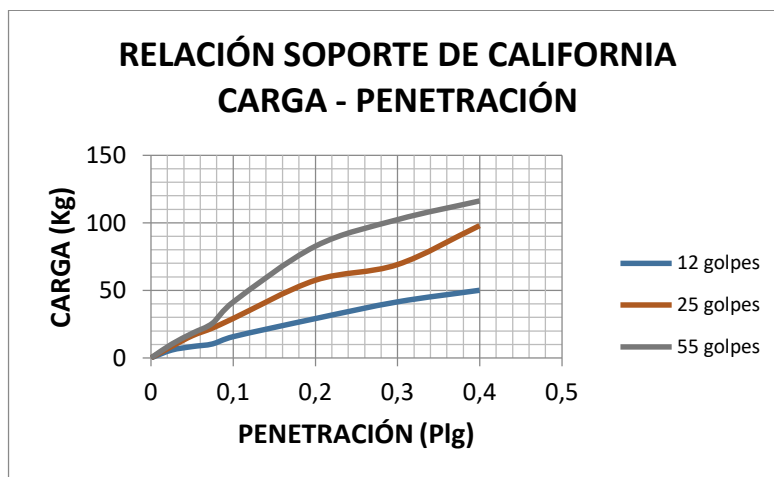
N° Capas	5	5	5
N° golpes por capa	12	25	56
Promedio cont. Humedad (%)	8,98	9,04	9,10
Peso unit. muestra seca (gr/cm³)	1,25	1,89	1,99

Expansión

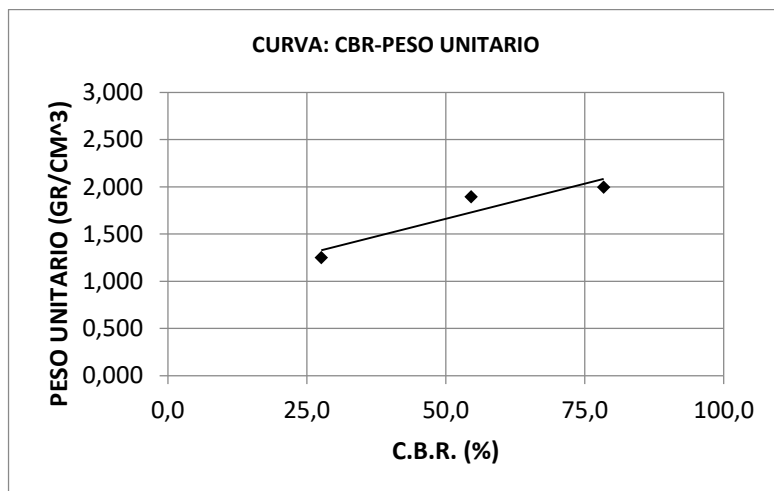
FECHA	HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
			LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN	
				CM.	%		CM.	%		CM.	%
1-oct-18	17:15	1	16,30	1,63	0,00	14,60	1,46	0,00	12,10	1,21	0,00
2-oct-18	17:15	2	16,50	1,65	0,11	14,60	1,46	0,00	12,10	1,21	0,00
3-oct-18	17:15	3	16,60	1,66	0,17	14,70	1,47	0,06	12,11	1,21	0,01
4-oct-18	17:15	4	16,80	1,68	0,28	14,90	1,49	0,17	12,12	1,21	0,01

C.B.R. para 0,1” y 0,2”

Penetración		Carga normal	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Pulg.	mm	kg	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)
0,1	2,54	1360	22,30	41,50	58,80
0,2	5,08	2040	27,60	54,60	74,40



CBR 100% D.máx	72 %
CBR 95% D.Máx.	66 %



Muestra N° 7

68 % fino

32 % grueso

Densidad máxima= 2,09 gr/cm³ % Humedad óptima= 9,42 %

Peso del suelo húmedo= 5000,00 gr.

Peso del plato (gr.) = 93,10

Psh + plato (gr.) = 370,70

Pss + plato (gr.) = 361,40

Pa (gr.) = 9,30

Pss (gr.) = 268,30

% H. natural= 3,47 %

El agua real se calcula

$$\% \text{ Agua real} = \% H \text{ opt.} - \% H \text{ nat.} + 0.3 \%$$

$$\% \text{ agua real} = 6,25$$

El peso total seco resulta de

$$Pss = \frac{Psh * 100}{\% H \text{ nat.} + 100}$$

$$Pss = 4832,32 \text{ gr.}$$

Con estos resultados obtenemos el agua necesaria para el C.B.R. de la siguiente manera

$$\text{Agua C.B.R.} = \frac{Pss * \% \text{ Agua real}}{100}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 302,02 \text{ ml.}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 302 \text{ ml.}$$

Contenido de humedad y peso unitario

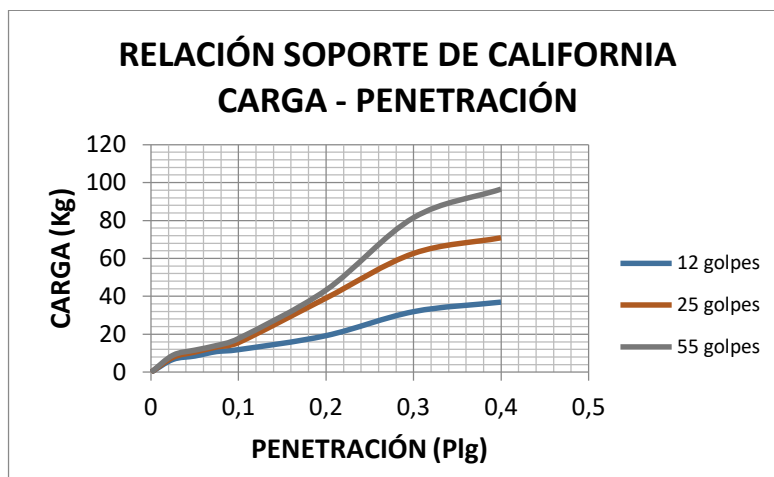
N° Capas	5	5	5
N° golpes por capa	12	25	56
Promedio cont. Humedad (%)	9,14	9,24	9,45
Peso unit. muestra seca (gr/cm³)	1,84	1,94	1,99

Expansión

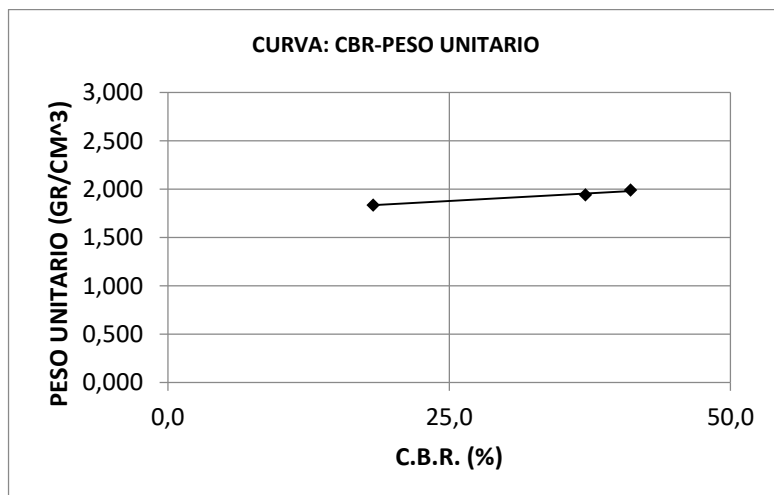
FECHA	HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
			LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN	
				CM.	%		CM.	%		CM.	%
19-abr-18	10:50	1	13,00	1,30	0,00	19,00	1,90	0,00	16,80	1,68	0,00
20-abr-18	10:50	2	13,20	1,32	0,11	19,10	1,91	0,06	17,10	1,71	0,17
21-abr-18	10:50	3	15,10	1,51	1,18	20,80	2,08	1,01	17,60	1,76	0,45
22-abr-18	10:50	4	16,80	1,68	2,14	21,00	2,10	1,12	18,00	1,80	0,67

C.B.R. para 0,1” y 0,2”

Penetración		Carga normal	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Pulg.	mm	kg	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)
0,1	2,54	1360	16,90	22,30	25,30
0,2	5,08	2040	18,20	37,10	41,10



CBR 100% D.máx
58 %
CBR 95% D.Máx.
42 %



Muestra N° 8

46 % fino

54 % grueso

Densidad máxima= 2,11 gr/cm³ % Humedad óptima= 7,63 %

Peso del suelo húmedo= 5000,00 gr.

Peso del plato (gr.) = 92,90

Psh + plato (gr.) = 298,60

Pss + plato (gr.) = 293,40

Pa (gr.) = 5,20

Pss (gr.) = 200,50

% H. natural= 2,59 %

El agua real se calcula

$$\% \text{ Agua real} = \% H \text{ opt.} - \% H \text{ nat.} + 0.3 \%$$

$$\% \text{ agua real} = 5,34$$

El peso total seco resulta de

$$Pss = \frac{Psh * 100}{\% H \text{ nat.} + 100}$$

$$Pss = 4873,77 \text{ gr.}$$

Con estos resultados obtenemos el agua necesaria para el C.B.R. de la siguiente manera

$$\text{Agua C.B.R.} = \frac{Pss * \% \text{ Agua real}}{100}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 260,26 \text{ ml.}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 261 \text{ ml.}$$

Contenido de humedad y peso unitario

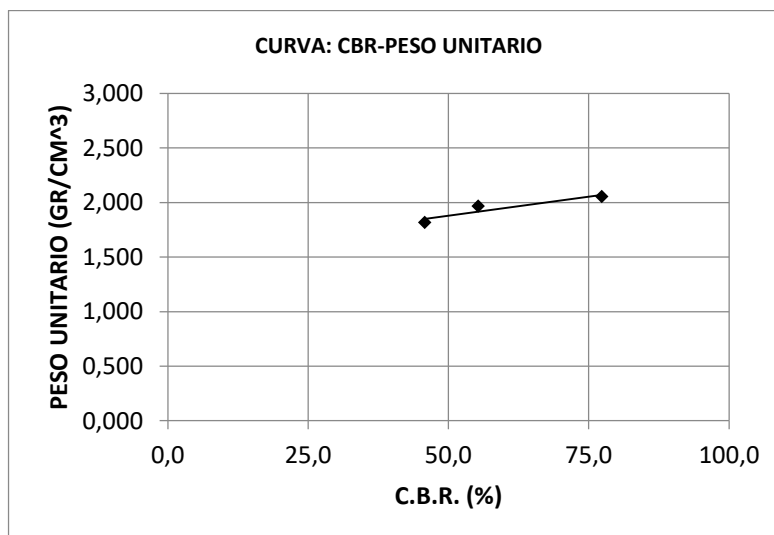
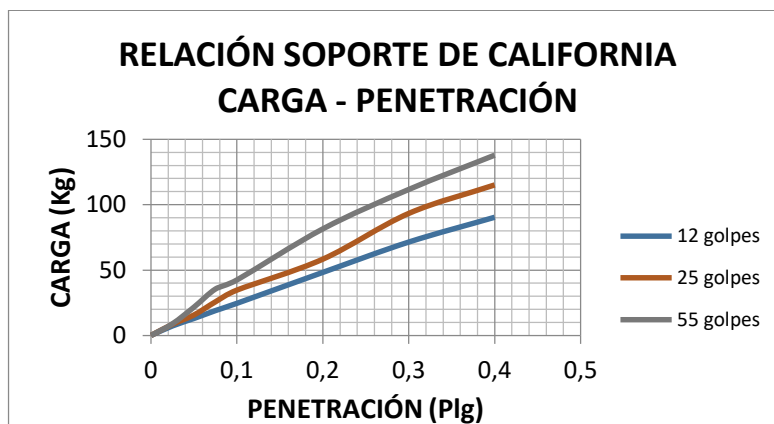
N° Capas	5	5	5
N° golpes por capa	12	25	56
Promedio cont. Humedad (%)	7,36	7,20	7,67
Peso unit. muestra seca (gr/cm³)	1,82	1,97	2,05

Expansión

FECHA	HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
			LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN	
				CM.	%		CM.	%		CM.	%
3-oct-18	11:00	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4-oct-18	11:00	2	0,10	0,01	0,06	0,11	0,01	0,06	0,10	0,01	0,06
5-oct-18	11:00	3	0,23	0,02	0,13	0,19	0,02	0,11	0,18	0,02	0,10
6-oct-18	11:00	4	0,29	0,03	0,16	0,21	0,02	0,12	0,20	0,02	0,11

C.B.R. para 0,1" y 0,2"

Penetración		Carga normal	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Pulg.	mm	kg	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)
0,1	2,54	1360	35,00	49,30	60,40
0,2	5,08	2040	45,80	55,30	77,30



CBR 100% D.máx	80 %
CBR 95% D.Máx.	67 %

Muestra N° 9

52 % fino

48 % grueso

Densidad máxima= 2,06 gr/cm³ % Humedad óptima= 8,90 %

Peso del suelo húmedo= 5000,00 gr.

Peso del plato (gr.) = 93,10

Psh + plato (gr.) = 323,20

Pss + plato (gr.) = 318,00

Pa (gr.) = 5,20

Pss (gr.) = 224,90

% H. natural= 2,31 %

El agua real se calcula

$$\% \text{ Agua real} = \% H \text{ opt.} - \% H \text{ nat.} + 0.3 \%$$

$$\% \text{ agua real} = 6,89$$

El peso total seco resulta de

$$Pss = \frac{Psh * 100}{\% H \text{ nat.} + 100}$$

$$Pss = 4887,11 \text{ gr.}$$

Con estos resultados obtenemos el agua necesaria para el C.B.R. de la siguiente manera

$$\text{Agua C.B.R.} = \frac{Pss * \% \text{ Agua real}}{100}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 336,72 \text{ ml.}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 337 \text{ ml.}$$

Contenido de humedad y peso unitario

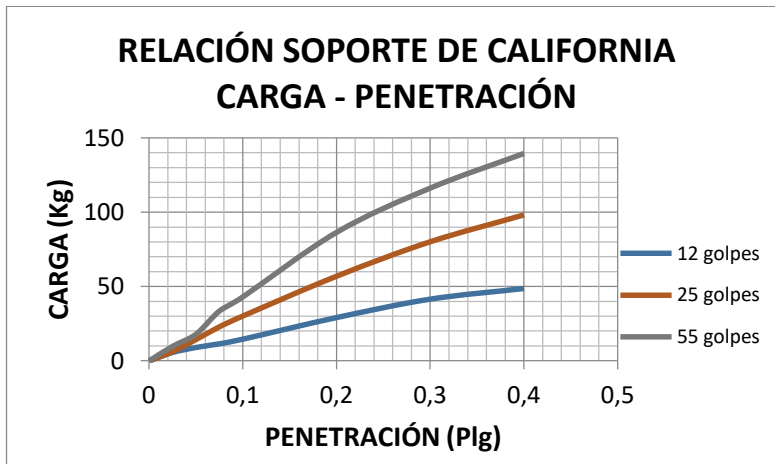
N° Capas	5	5	5
N° golpes por capa	12	25	56
Promedio cont. Humedad (%)	8,25	8,30	8,89
Peso unit. muestra seca (gr/cm³)	1,79	1,93	2,05

Expansión

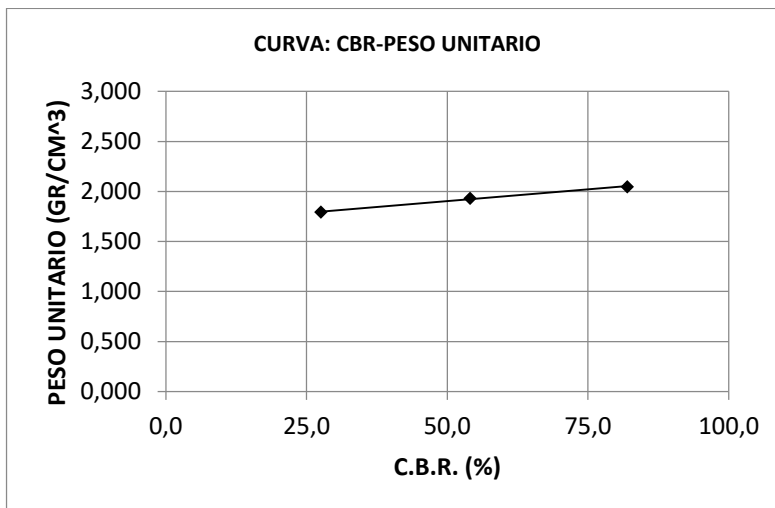
FECHA	HORA	TIEMPO	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
		EN DÍAS	LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN	
				CM.	%		CM.	%		CM.	%
5-abr-18	15:42	1	20,00	2,00	0,00	15,10	1,51	0,00	13,50	1,35	0,00
6-abr-18	15:42	2	20,00	2,00	0,00	15,40	1,54	0,17	13,50	1,35	0,00
7-abr-18	15:42	3	20,50	2,05	0,28	16,00	1,60	0,51	13,70	1,37	0,11
8-abr-18	15:42	4	21,00	2,10	0,56	16,40	1,64	0,73	13,90	1,39	0,22

C.B.R. para 0,1” y 0,2”

Penetración		Carga normal	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Pulg.	mm	kg	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)
0,1	2,54	1360	20,70	42,90	61,20
0,2	5,08	2040	27,60	54,00	82,00



CBR 100% D.máx	83 %
CBR 95% D.Máx.	61 %



Muestra N° 10

50 % fino

50 % grueso

Densidad máxima= 2,11 gr/cm³ % Humedad Optima= 7,63 %

Peso del suelo húmedo= 5000,00 gr.

Peso del plato (gr.) = 93,10

Psh + plato (gr.) = 298,80

Pss + plato (gr.) = 292,30

Pa (gr.) = 6,50

Pss (gr.) = 199,20

% H. natural= 3,26 %

El agua real se calcula

$$\% \text{ Agua real} = \% H \text{ opt.} - \% H \text{ nat.} + 0.3 \%$$

$$\% \text{ agua real} = 4,67$$

El peso total seco resulta de

$$Pss = \frac{Psh * 100}{\% H \text{ nat.} + 100}$$

$$Pss = 4842,15 \text{ gr.}$$

Con estos resultados obtenemos el agua necesaria para el C.B.R. de la siguiente manera

$$\text{Agua C.B.R.} = \frac{Pss * \% \text{ Agua real}}{100}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 226,13 \text{ ml.}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 227 \text{ ml.}$$

Contenido de humedad y peso unitario

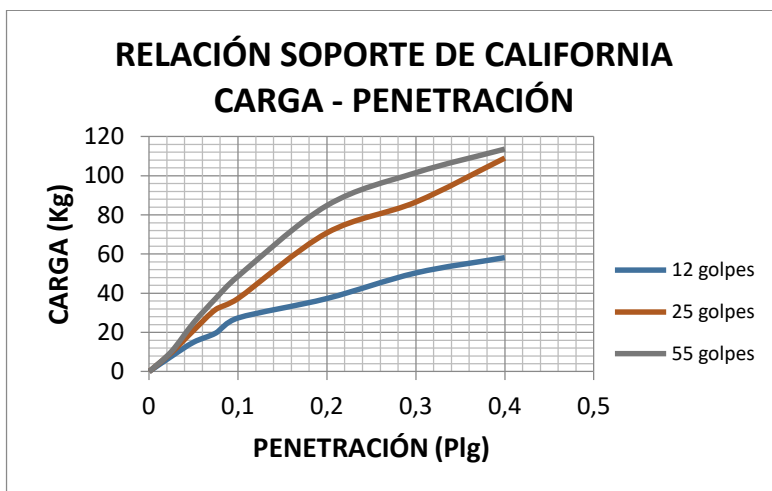
N° Capas	5	5	5
N° golpes por capa	12	25	56
Promedio cont. Humedad (%)	7,42	7,58	7,66
Peso unit. muestra seca (gr/cm³)	1,83	1,96	2,08

Expansión

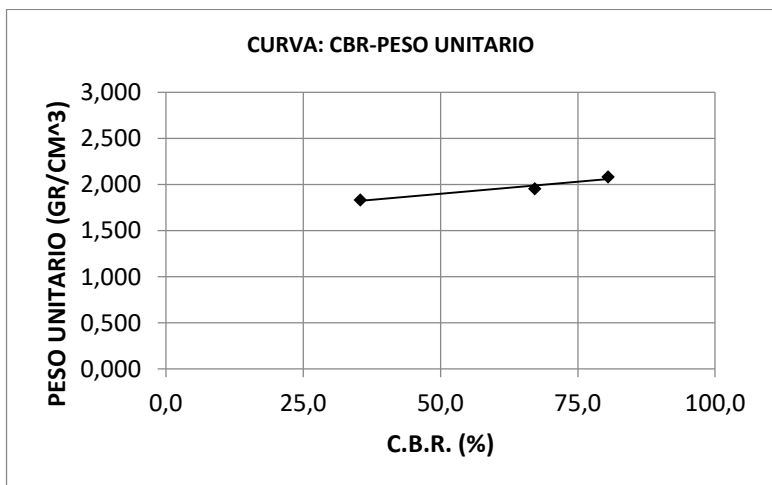
FECHA	HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
			LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN	
				CM.	%		CM.	%		CM.	%
3-oct-18	15:30	1	12,30	1,23	0,00	10,90	1,09	0,00	9,80	0,98	0,00
4-oct-18	15:30	2	13,10	1,31	0,45	11,30	1,13	0,22	10,00	1,00	0,11
5-oct-18	15:30	3	14,20	1,42	1,07	11,50	1,15	0,34	10,70	1,07	0,51
6-oct-18	15:30	4	14,90	1,49	1,46	12,10	1,21	0,67	10,90	1,09	0,62

C.B.R. para 0,1" y 0,2"

Penetración		Carga normal	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Pulg.	mm	kg	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)
0,1	2,54	1360	39,00	53,10	69,30
0,2	5,08	2040	35,40	67,20	80,50



CBR 100% D.máx	89 %
CBR 95% D.Máx.	70 %



Muestra N° 11

66 % fino

34 % grueso

Densidad Máxima= 2,04 gr/cm³ % Humedad óptima= 7,78 %

Peso del suelo húmedo= 5000,00 gr.

Peso del plato (gr.) = 93,00

Psh + plato (gr.) = 373,40

Pss + plato (gr.) = 367,00

Pa (gr.) = 6,40

Pss (gr.) = 274,00

% H. natural= 2,33 %

El agua real se calcula

$$\% \text{ Agua real} = \% H \text{ opt.} - \% H \text{ nat.} + 0.3 \%$$

$$\% \text{ agua real} = 5,75$$

El peso total seco resulta de

$$Pss = \frac{Psh * 100}{\% H \text{ nat.} + 100}$$

$$Pss = 4886,15 \text{ gr.}$$

Con estos resultados obtenemos el agua necesaria para el C.B.R. de la siguiente manera

$$\text{Agua C.B.R.} = \frac{Pss * \% \text{ Agua real}}{100}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 280,95 \text{ ml.}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 281 \text{ ml.}$$

Contenido de humedad y peso unitario

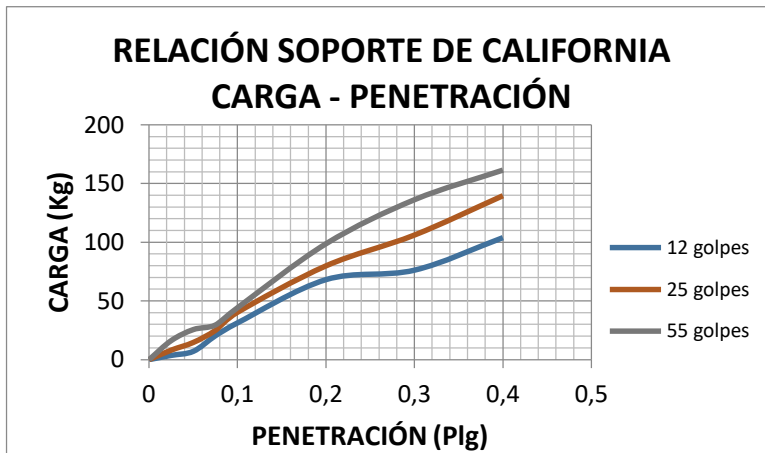
N° Capas	5	5	5
N° golpes por capa	12	25	56
Promedio cont. Humedad (%)	7,45	7,60	7,76
Peso unit. muestra seca (gr/cm³)	1,91	2,00	2,11

Expansión

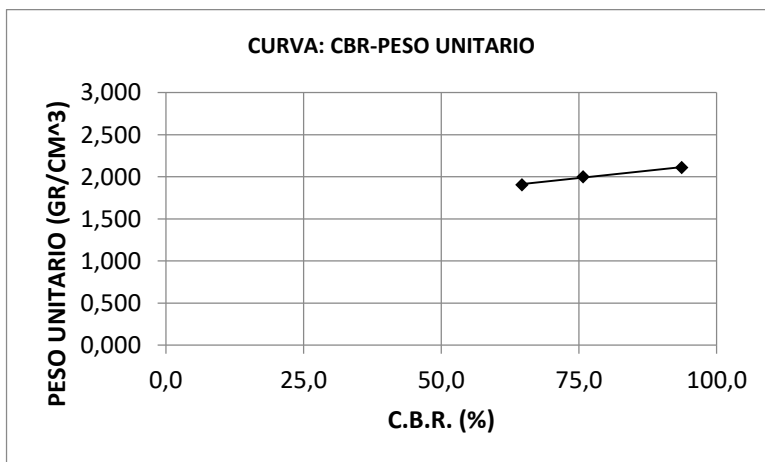
FECHA	HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
			LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN	
				CM.	%		CM.	%		CM.	%
5-abr-18	11:57	1	10,00	1,00	0,00	9,40	0,94	0,00	6,50	0,65	0,00
6-abr-18	11:57	2	10,10	1,01	0,06	9,41	0,94	0,01	6,51	0,65	0,01
7-abr-18	11:57	3	10,10	1,01	0,06	9,42	0,94	0,01	6,52	0,65	0,01
8-abr-18	11:57	4	10,30	1,03	0,17	9,42	0,94	0,01	6,54	0,65	0,02

C.B.R. para 0,1” y 0,2”

Penetración		Carga normal	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Pulg.	mm	kg	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)
0,1	2,54	1360	44,50	57,40	62,90
0,2	5,08	2040	64,60	75,70	93,60



CBR 100% D.máx	
82 %	
CBR 95% D.Máx.	
68 %	



Muestra N° 12

67 % fino

33 % grueso

Densidad máxima= 2,10 gr/cm³ % Humedad óptima= 9,42 %

Peso del suelo húmedo= 5000,00 gr.

Peso del plato (gr.) = 94,10

Psh + plato (gr.) = 399,70

Pss + plato (gr.) = 392,40

Pa (gr.) = 7,30

Pss (gr.) = 298,30

% H. natural= 2,45 %

El agua real se calcula

$$\% \text{ Agua real} = \% H \text{ opt.} - \% H \text{ nat.} + 0.3 \%$$

$$\% \text{ agua real} = 7,27$$

El peso total seco resulta de

$$Pss = \frac{Psh * 100}{\% H \text{ nat.} + 100}$$

$$Pss = 4880,43 \text{ gr.}$$

Con estos resultados obtenemos el agua necesaria para el C.B.R. de la siguiente manera

$$\text{Agua C.B.R.} = \frac{Pss * \% \text{ Agua real}}{100}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 354,81 \text{ ml.}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 355 \text{ ml.}$$

Contenido de humedad y peso unitario

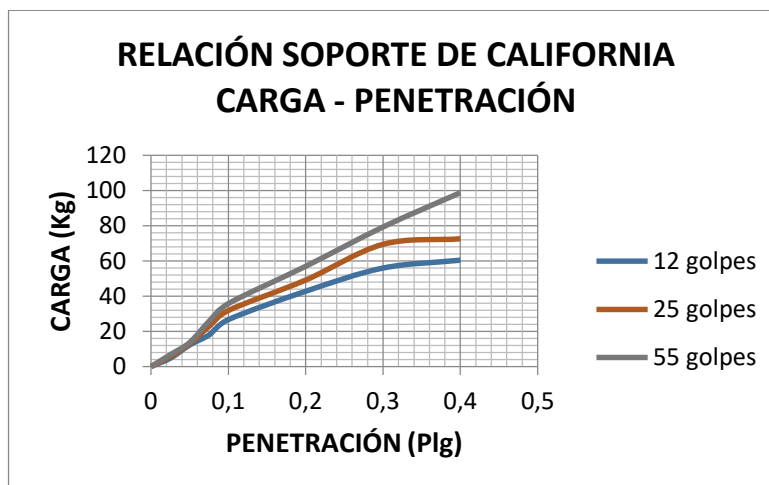
N° Capas	5	5	5
N° golpes por capa	12	25	56
Promedio cont. Humedad (%)	9,00	9,55	9,45
Peso unit. muestra seca (gr/cm³)	1,84	1,94	2,09

Expansión

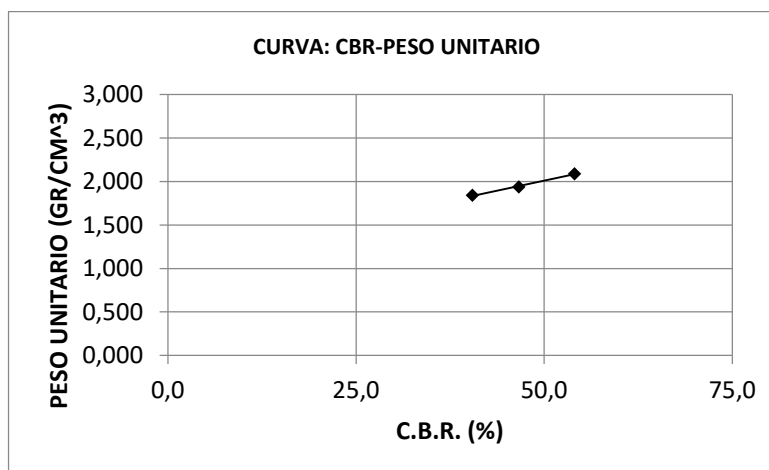
FECHA	HORA	TIEMPO EN DÍAS	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
			LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN	
				CM.	%		CM.	%		CM.	%
3-oct-18	16:40	1	10,20	1,02	0,00	11,60	1,16	0,00	9,60	0,96	0,00
4-oct-18	16:40	2	11,30	1,13	0,62	12,30	1,23	0,39	10,50	1,05	0,51
5-oct-18	16:40	3	12,90	1,29	1,52	13,50	1,35	1,07	11,70	1,17	1,18
6-oct-18	16:40	4	13,60	1,36	1,91	14,30	1,43	1,52	12,10	1,21	1,41

C.B.R. para 0,1” y 0,2”

Penetración		Carga normal	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Pulg.	mm	kg	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)
0,1	2,54	1360	37,90	45,30	50,90
0,2	5,08	2040	40,50	46,60	54,00



CBR 100% D.máx	55 %
CBR 95% D.Máx.	49 %



Muestra N° 13

49 % fino

51 % grueso

Densidad máxima= 2,08 gr/cm³ % Humedad óptima= 7,89 %

Peso del suelo húmedo= 5000,00 gr

Peso del plato (gr.) = 117,30

Psh + plato (gr.) = 286,30

Pss + plato (gr.) = 282,50

Pa (gr.) = 3,80

Pss (gr.) = 165,20

% H. natural= 2,30 %

El agua real se calcula

$$\% \text{ Agua real} = \% H \text{ opt.} - \% H \text{ nat.} + 0.3 \%$$

% agua real= 5,26

El peso total seco resulta de

$$P_{ss} = \frac{P_{sh} * 100}{\% H \text{ nat.} + 100}$$

Pss= 4887,59 gr.

Con estos resultados obtenemos el agua necesaria para el C.B.R. de la siguiente manera

$$\text{Agua C.B.R.} = \frac{P_{ss} * \% \text{ Agua real}}{100}$$

Agua C.B.R. = 257,09 ml.

Agua C.B.R. = 257 ml.

Contenido de humedad y peso unitario

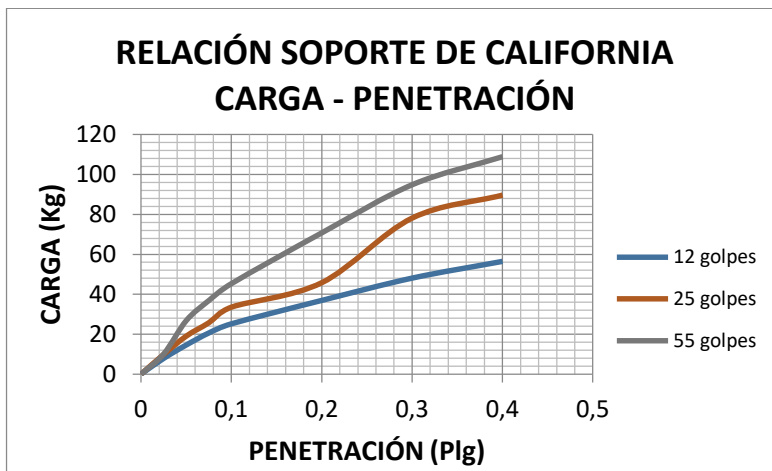
N° Capas	5	5	5
N° golpes por capa	12	25	56
Promedio cont. Humedad (%)	7,81	7,75	7,89
Peso unit. muestra seca (gr/cm³)	1,88	1,99	2,09

Expansión

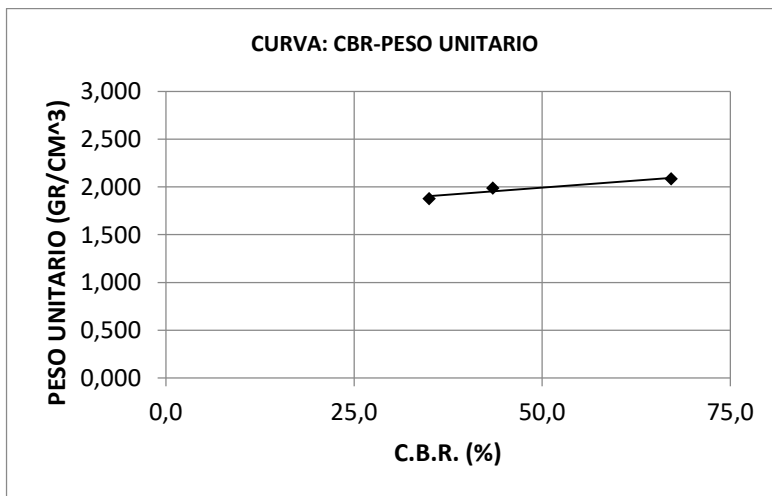
FECHA	HORA	TIEMPO	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
		EN	LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN		LECT. EXT.	EXPANSIÓN	
		DÍAS		CM.	%		CM.	%		CM.	%
5-abr-18	10:50	1	15,60	1,56	0,00	11,20	1,12	0,00	9,80	0,98	0,00
6-abr-18	10:50	2	17,90	1,79	1,29	11,50	1,15	0,17	10,00	1,00	0,11
9-abr-18	10:50	3	18,10	1,81	1,41	12,00	1,20	0,45	10,60	1,06	0,45
10-abr-18	10:50	4	19,10	1,91	1,97	12,50	1,25	0,73	11,00	1,10	0,67

C.B.R. para 0,1” y 0,2”

Penetración		Carga normal	Molde 1	Molde 2	Molde 3
Pulg.	mm	kg	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)	C.B.R. (%)
0,1	2,54	1360	35,80	47,70	64,50
0,2	5,08	2040	35,00	43,40	67,20



CBR 100% D.máx	63 %
CBR 95% D.Máx.	47 %



4.2.2.2.4. Densidad in situ

TRAMO	PROGRESIVA	DENSIDAD DEL SUELO (gr/cm3)	DENSIDAD MÁXIMA DE COMPACTACIÓN (gr/cm3)	% DE COMPACTACIÓN
1	0+088	1,96	2,02	96,84
2	1+916	2,01	2,09	96,34
3	2+563	1,96	2,08	94,36
4	3+338	1,96	2,06	95,33
5	4+960	2,01	2,06	97,38
6	5+885	1,89	2,02	93,44
7	6+507	2,03	2,09	97,35
8	7+740	2,01	2,11	95,42
9	8+550	1,89	2,06	91,65
10	9+828	1,99	2,11	94,33
11	10+859	1,85	2,04	90,80
12	11+886	1,99	2,10	94,79
13	12+280	1,95	2,02	96,43

4.3. VERIFICACIONES DEL DISEÑO GEOMÉTRICO

4.3.1. Radios de curvatura mínimos

Se verifican los radios de curvatura para analizar los tramos en los que no cumplen con la normativa de radios mínimos absolutos que son iguales o mayores que 25 m para caminos de desarrollo en el siguiente cuadro se identifican de color verde los radios de curvatura que no llegan a cumplir.

La numeración de las curvas se encuentra ordenados desde el final del tramo hacia el comienzo.

Nº de curva	Radio (m)	Longitud (m)	Chord Direction	Punto de inicio	Punto final
C1	20,00	50,16	S20° 01' 05.26E"	(367407.34,7631327.98)	(367420.35,7631292.26)
C2	20,00	37,28	S1° 34' 01.56E"	(367489.96,7631425.71)	(367490.84,7631393.61)
C3	30,00	40,47	S16° 18' 57.68E"	(367465.95,7631471.12)	(367476.48,7631435.16)
C4	10,00	11,58	S10° 50' 53.82E"	(367470.20,7631497.22)	(367472.26,7631486.47)
C5	10,00	19,41	N80° 22' 37.31E"	(367453.71,7631494.69)	(367469.98,7631497.45)
C6	10,00	4,55	N11° 44' 54.50E"	(367452.11,7631488.80)	(367453.02,7631493.21)
C7	50,00	86,70	N48° 23' 18.05E"	(367396.30,7631385.13)	(367453.30,7631435.75)
C8	30,00	11,44	N87° 08' 16.96E"	(367365.52,7631387.31)	(367376.88,7631387.88)
C9	50,00	19,08	N87° 08' 33.89E"	(367295.38,7631373.80)	(367314.32,7631374.74)
C10	40,00	32,33	N74° 55' 07.23E"	(367254.17,7631367.15)	(367284.55,7631375.33)
C11	30,00	38,53	N14° 58' 26.21E"	(367209.92,7631304.89)	(367219.21,7631339.60)
C12	20,00	33,60	N26° 18' 28.56E"	(367203.34,7631261.67)	(367216.54,7631288.37)
C13	40,00	15,99	N62° 58' 37.56E"	(367167.08,7631248.30)	(367181.24,7631255.52)
C14	10,00	8,46	N75° 45' 08.06E"	(367137.01,7631228.70)	(367144.97,7631230.72)
C15	10,00	18,63	S26° 39' 16.61E"	(367128.39,7631243.29)	(367135.59,7631228.95)
C16	10,00	6,30	S44° 45' 50.60W"	(367133.03,7631248.23)	(367128.66,7631243.83)
C17	15,00	26,61	S11° 14' 17.16W"	(367186.69,7631296.27)	(367182.16,7631273.46)
C18	20,00	29,61	S2° 49' 53.66W"	(367169.76,7631345.31)	(367168.43,7631318.37)
C19	20,00	37,45	S8° 23' 50.18E"	(367194.95,7631406.82)	(367199.65,7631374.95)
C20	20,00	15,96	S39° 10' 06.84E"	(367164.19,7631429.99)	(367174.00,7631417.93)
C21	30,00	16,00	S31° 35' 00.89E"	(367150.64,7631461.46)	(367158.92,7631447.99)
C22	30,00	26,08	S21° 57' 47.32E"	(367133.08,7631492.49)	(367142.53,7631469.06)
C23	30,00	13,97	S10° 24' 12.30E"	(367130.77,7631509.78)	(367133.27,7631496.16)
C24	30,00	13,97	S10° 24' 12.21E"	(367126.14,7631528.24)	(367128.64,7631514.62)
C25	30,00	20,81	S22° 48' 30.43W"	(367134.22,7631550.30)	(367126.31,7631531.50)

C26	30,00	12,01	S54° 08' 56.29W"	(367165.16,7631580.35)	(367155.48,7631573.37)
C27	30,00	30,12	S36° 51' 29.72W"	(367203.64,7631613.05)	(367186.32,7631589.95)
C28	12,00	29,59	S62° 33' 11.90E"	(367186.50,7631644.29)	(367206.60,7631633.85)
C29	60,00	25,70	N59° 04' 11.19E"	(367140.44,7631608.46)	(367162.32,7631621.57)
C30	30,00	44,39	S66° 15' 52.48E"	(367060.07,7631610.11)	(367097.10,7631593.83)
C31	25,00	59,57	N87° 51' 58.16E"	(367002.45,7631633.70)	(367048.86,7631635.43)
C32	30,00	31,05	N49° 15' 23.69E"	(366968.72,7631582.78)	(366991.21,7631602.16)
C33	35,00	44,35	N42° 36' 33.37E"	(366926.84,7631549.57)	(366954.90,7631580.07)
C34	40,00	56,02	N46° 25' 44.80E"	(366887.21,7631493.40)	(366924.56,7631528.93)
C35	40,00	41,34	N56° 56' 37.75E"	(366851.28,7631471.67)	(366884.40,7631493.23)
C36	30,00	23,02	N49° 19' 30.46E"	(366821.78,7631432.93)	(366838.82,7631447.57)
C37	30,00	36,55	S73° 47' 16.42E"	(366726.80,7631421.54)	(366759.76,7631411.95)
C38	20,00	33,54	S86° 56' 04.58E"	(366665.15,7631462.73)	(366694.86,7631461.14)
C39	30,00	51,19	S86° 05' 47.43E"	(366565.46,7631411.25)	(366610.56,7631408.17)
C40	30,00	17,47	S53° 53' 47.51E"	(366540.28,7631436.24)	(366554.19,7631426.08)
C41	60,00	31,68	S55° 27' 27.85E"	(366513.37,7631454.38)	(366539.16,7631436.63)
C42	30,00	41,59	S0° 36' 48.65E"	(366497.50,7631510.93)	(366497.91,7631472.59)
C43	50,00	18,84	S28° 18' 50.36W"	(366511.45,7631533.65)	(366502.57,7631517.16)
C44	50,00	27,83	S1° 34' 30.52W"	(366522.73,7631594.45)	(366521.98,7631566.98)
C45	100,00	39,84	S2° 57' 27.18E"	(366520.11,7631636.22)	(366522.16,7631596.70)
C46	25,00	48,34	S46° 56' 32.67E"	(366492.41,7631680.28)	(366522.49,7631652.18)
C47	40,00	28,05	N57° 34' 00.81E"	(366453.81,7631662.17)	(366477.01,7631676.91)
C48	60,00	22,63	N48° 16' 47.38E"	(366421.74,7631627.27)	(366438.54,7631642.25)
C49	20,00	34,06	S72° 07' 58.14E"	(366331.41,7631599.56)	(366360.04,7631590.32)
C50	30,00	18,67	S5° 31' 30.54E"	(366328.74,7631619.91)	(366330.51,7631601.63)
C51	30,00	16,67	S28° 13' 12.12W"	(366339.66,7631648.77)	(366331.88,7631634.27)
C52	30,00	55,86	S9° 12' 12.87E"	(366357.45,7631722.55)	(366365.15,7631675.04)
C53	20,00	14,36	S41° 58' 13.98E"	(366315.44,7631749.95)	(366324.84,7631739.50)
C54	30,00	44,22	S63° 37' 27.85E"	(366278.07,7631771.02)	(366314.20,7631753.10)
C55	30,00	33,44	S73° 55' 34.97E"	(366205.24,7631767.78)	(366235.73,7631758.99)
C56	30,00	41,96	S82° 03' 52.00E"	(366154.86,7631786.58)	(366193.11,7631781.25)
C57	180,00	50,55	N65° 54' 52.95E"	(366100.27,7631760.63)	(366146.27,7631781.19)
C58	14,00	37,72	S28° 50' 49.17E"	(366046.19,7631772.78)	(366059.36,7631748.87)
C59	15,00	20,64	S8° 55' 29.94W"	(366071.61,7631811.58)	(366068.65,7631792.76)
C60	20,00	20,85	S0° 37' 24.69E"	(366068.61,7631836.22)	(366068.83,7631816.30)
C61	30,00	12,02	S40° 43' 39.78W"	(366088.53,7631866.92)	(366080.74,7631857.88)

C62	17,00	46,66	S26° 25' 46.10E"	(366100.35,7631917.45)	(366115.19,7631887.60)
C63	100,00	134,16	S66° 37' 49.25E"	(365917.20,7631948.19)	(366031.33,7631898.87)
C64	25,00	13,63	S12° 34' 33.87E"	(365870.56,7632042.86)	(365873.49,7632029.72)
C65	25,00	39,32	S42° 01' 08.37E"	(365848.54,7632100.68)	(365872.24,7632074.39)
C66	25,00	29,67	S53° 05' 06.36E"	(365774.74,7632120.10)	(365797.09,7632103.31)
C67	30,00	32,82	S50° 25' 54.09E"	(365742.53,7632163.54)	(365766.59,7632143.66)
C68	30,00	20,49	S62° 12' 11.48E"	(365666.92,7632181.27)	(365684.70,7632171.90)
C69	30,00	29,93	S71° 12' 59.39E"	(365626.95,7632204.42)	(365654.12,7632195.18)
C70	30,00	21,12	S79° 37' 48.55E"	(365566.47,7632201.21)	(365586.82,7632197.49)
C71	30,00	36,20	N85° 58' 36.67E"	(365499.47,7632218.32)	(365533.42,7632220.71)
C72	50,00	24,95	N65° 42' 30.76E"	(365446.92,7632184.19)	(365469.42,7632194.35)
C73	15,00	24,41	S53° 22' 41.71E"	(365415.35,7632194.72)	(365432.85,7632181.72)
C74	20,00	30,56	S50° 31' 41.36E"	(365390.76,7632239.57)	(365412.12,7632221.98)
C75	50,00	39,86	S71° 27' 20.38E"	(365288.18,7632246.97)	(365324.98,7632234.62)
C76	40,00	35,72	S74° 11' 49.31E"	(365219.51,7632287.59)	(365252.75,7632278.19)
C77	300,00	140,06	S86° 24' 13.04E"	(365077.98,7632295.78)	(365216.50,7632287.08)
C78	30,00	30,73	S43° 41' 11.47E"	(365044.73,7632320.99)	(365065.04,7632299.73)
C79	40,00	26,74	S33° 29' 38.12E"	(365023.35,7632369.87)	(365037.83,7632347.99)
C80	25,00	53,26	N66° 19' 18.80E"	(364973.03,7632360.13)	(365013.09,7632377.70)
C81	45,00	25,11	N21° 16' 28.60E"	(364958.92,7632281.70)	(364967.91,7632304.80)
C82	18,00	45,99	S69° 32' 09.85E"	(364921.89,7632287.53)	(364954.18,7632275.48)
C83	20,00	16,61	S16° 37' 27.58E"	(364919.68,7632340.53)	(364924.30,7632325.07)
C84	30,00	38,68	S77° 21' 16.65E"	(364852.81,7632385.64)	(364888.00,7632377.74)
C85	35,00	42,00	N31° 19' 48.55E"	(364777.44,7632327.13)	(364798.00,7632360.89)
C86	65,00	26,01	N8° 24' 57.51E"	(364775.54,7632266.35)	(364779.32,7632291.91)
C87	50,00	20,87	N7° 55' 14.94E"	(364760.70,7632212.70)	(364763.56,7632233.22)
C88	50,00	18,45	N6° 32' 01.05E"	(364763.52,7632124.94)	(364765.61,7632143.17)
C89	10,00	27,98	S82° 45' 04.70E"	(364727.69,7632074.52)	(364747.24,7632072.03)
C90	20,00	14,14	S22° 51' 17.78E"	(364721.18,7632112.28)	(364726.56,7632099.52)
C91	25,00	38,13	S86° 47' 55.71E"	(364685.17,7632115.83)	(364719.66,7632113.90)
C92	50,00	26,19	N34° 30' 03.85E"	(364666.87,7632091.39)	(364681.53,7632112.73)
C93	140,00	42,10	N28° 06' 38.72E"	(364638.87,7632031.13)	(364658.63,7632068.13)
C94	40,00	33,05	N13° 03' 30.97E"	(364626.74,7631993.31)	(364633.99,7632024.59)
C95	100,00	39,08	N0° 35' 10.41E"	(364627.03,7631950.78)	(364627.43,7631989.60)
C96	100,00	19,59	N17° 23' 33.29E"	(364617.84,7631916.04)	(364623.68,7631934.70)
C97	45,00	31,64	N2° 51' 33.17E"	(364600.12,7631847.00)	(364601.67,7631877.96)

C98	20,00	33,32	N30° 26' 04.82E"	(364591.46,7631801.16)	(364606.45,7631826.67)
C99	40,00	47,20	N44° 20' 57.08E"	(364553.00,7631767.79)	(364584.11,7631799.62)
C100	70,00	20,53	N18° 56' 41.24E"	(364546.73,7631750.45)	(364553.37,7631769.79)
C101	30,00	25,70	N2° 47' 59.09E"	(364540.66,7631716.18)	(364541.88,7631741.08)
C102	15,00	28,53	N32° 43' 57.38E"	(364534.79,7631677.26)	(364548.00,7631697.80)
C103	20,00	26,75	N48° 53' 26.06E"	(364503.39,7631660.33)	(364522.07,7631676.64)
C104	20,00	30,96	N54° 54' 46.50E"	(364477.77,7631629.60)	(364500.65,7631645.67)
C105	40,00	90,96	N34° 06' 50.45E"	(364431.85,7631570.35)	(364472.56,7631630.45)
C106	15,00	28,31	N23° 02' 17.53E"	(364434.91,7631527.10)	(364444.42,7631549.46)
C107	20,00	11,79	N60° 12' 53.78E"	(364350.00,7631504.20)	(364360.09,7631509.97)
C108	150,00	62,35	N55° 13' 59.52E"	(364284.06,7631452.90)	(364334.91,7631488.20)
C109	100,00	48,03	N53° 22' 50.96E"	(364232.30,7631418.80)	(364270.48,7631447.18)
C110	30,00	31,68	N69° 52' 31.82E"	(364102.32,7631285.68)	(364130.70,7631296.08)
C111	85,00	40,72	N86° 24' 18.63E"	(363972.14,7631299.22)	(364012.40,7631301.75)
C112	25,00	46,36	N19° 33' 23.71E"	(363887.52,7631239.32)	(363900.91,7631277.00)
C113	115,00	36,48	N24° 28' 46.50W"	(363914.92,7631187.65)	(363899.87,7631220.71)
C114	60,00	74,86	N20° 21' 06.70E"	(363907.16,7631061.55)	(363931.54,7631127.27)
C115	45,00	22,48	N41° 46' 56.80E"	(363855.37,7631020.12)	(363870.20,7631036.71)
C116	45,00	43,98	N55° 27' 57.06E"	(363814.21,7630983.92)	(363849.01,7631007.88)
C117	20,00	48,05	N14° 38' 32.24E"	(363724.41,7630938.63)	(363733.84,7630974.72)
C118	95,00	167,62	N1° 09' 53.80W"	(363763.84,7630765.64)	(363760.86,7630912.32)
C119	95,00	46,48	N63° 23' 57.85E"	(363614.93,7630652.61)	(363656.08,7630673.22)
C120	30,00	40,96	N38° 07' 19.20E"	(363544.99,7630612.44)	(363568.36,7630642.21)
C121	150,00	57,76	N10° 02' 35.58E"	(363535.22,7630541.92)	(363545.23,7630598.45)
C122	50,00	11,83	N27° 51' 14.41E"	(363521.01,7630508.90)	(363526.52,7630519.34)
C123	40,00	23,25	N51° 16' 57.97E"	(363467.26,7630442.64)	(363485.14,7630456.98)
C124	25,00	39,73	N22° 24' 13.61E"	(363449.80,7630408.09)	(363463.40,7630441.08)
C125	50,00	40,84	N0° 16' 22.62E"	(363464.86,7630332.66)	(363465.05,7630372.37)
C126	80,00	20,72	N16° 15' 10.24E"	(363454.67,7630302.77)	(363460.45,7630322.60)
C127	55,00	30,91	N24° 56' 04.16E"	(363434.09,7630225.44)	(363446.95,7630253.10)
C128	115,00	32,35	N32° 58' 34.95E"	(363407.18,7630187.64)	(363424.73,7630214.69)
C129	50,00	15,12	N16° 15' 22.44E"	(363386.26,7630137.21)	(363390.47,7630151.67)
C130	80,00	79,32	N35° 59' 53.99E"	(363338.96,7630056.45)	(363383.70,7630118.02)
C131	30,00	14,56	N50° 29' 38.80E"	(363317.50,7630042.32)	(363328.62,7630051.49)
C132	60,00	32,26	N51° 59' 16.57E"	(363289.78,7630019.18)	(363314.89,7630038.80)
C133	50,00	18,13	N57° 00' 15.59E"	(363246.23,7629997.52)	(363261.35,7630007.33)

C134	190,00	64,78	N36° 51' 05.47E"	(363193.48,7629932.62)	(363232.14,7629984.21)
C135	50,00	38,33	N49° 02' 52.04E"	(363142.49,7629863.63)	(363170.73,7629888.14)
C136	25,00	22,13	N45° 38' 59.06E"	(363127.44,7629848.75)	(363142.76,7629863.72)
C137	25,00	18,17	N41° 06' 40.40E"	(363105.42,7629807.41)	(363117.11,7629820.80)
C138	30,00	29,87	N33° 24' 28.81E"	(363086.08,7629781.59)	(363101.86,7629805.51)
C139	95,00	51,18	N20° 18' 52.82E"	(363064.35,7629685.17)	(363081.90,7629732.59)
C140	40,00	23,22	N19° 07' 12.03E"	(363057.75,7629664.80)	(363065.25,7629686.43)
C141	40,00	40,71	N26° 39' 43.44W"	(363070.87,7629529.70)	(363053.39,7629564.53)
C142	45,00	26,03	N39° 14' 48.07W"	(363106.34,7629496.76)	(363090.10,7629516.64)
C143	20,00	32,57	N23° 58' 39.38E"	(363109.91,7629433.35)	(363121.73,7629459.93)
C144	35,00	63,11	N18° 58' 27.66E"	(363088.39,7629380.15)	(363106.24,7629432.07)
C145	30,00	23,75	N10° 00' 05.71W"	(363092.86,7629356.67)	(363088.84,7629379.45)
C146	10,00	18,42	N40° 06' 10.83W"	(363093.33,7629301.01)	(363083.08,7629313.20)
C147	30,00	10,80	N82° 34' 16.45W"	(363139.57,7629301.42)	(363128.92,7629302.81)
C148	25,00	42,03	N24° 05' 28.03W"	(363182.96,7629258.39)	(363167.76,7629292.40)
C149	35,00	28,33	N0° 13' 52.97W"	(363153.28,7629164.15)	(363153.17,7629191.71)
C150	35,00	51,27	N18° 32' 46.43E"	(363177.18,7629030.23)	(363192.07,7629074.61)
C151	35,00	23,84	N41° 00' 09.80E"	(363155.59,7629009.05)	(363170.93,7629026.70)
C152	90,00	62,48	N1° 36' 21.82E"	(363126.88,7628879.27)	(363128.59,7628940.48)
C153	50,00	49,67	N10° 10' 36.09E"	(363132.75,7628789.11)	(363141.17,7628836.01)
C154	120,00	47,57	N27° 16' 37.44E"	(363091.88,7628723.07)	(363113.54,7628765.08)
C155	85,00	38,74	N2° 51' 42.48E"	(363086.50,7628672.60)	(363088.42,7628710.96)
C156	80,00	51,20	N8° 08' 22.23E"	(363080.12,7628618.65)	(363087.25,7628668.48)
C157	120,00	46,78	N15° 18' 24.29E"	(363050.12,7628538.22)	(363062.39,7628583.06)
C158	15,00	10,17	N15° 16' 35.58W"	(363049.67,7628486.12)	(363047.05,7628495.74)
C159	80,00	103,05	N2° 12' 39.92E"	(363049.91,7628384.42)	(363053.62,7628480.42)
C160	130,00	90,25	N19° 13' 32.47E"	(362947.44,7628210.70)	(362976.57,7628294.21)
C161	60,00	34,21	N15° 40' 20.97E"	(362939.32,7628092.32)	(362948.43,7628124.81)
C162	140,00	71,52	N46° 38' 31.58E"	(362880.24,7628031.53)	(362931.68,7628080.10)
C163	100,00	28,62	N53° 04' 38.78E"	(362817.42,7627992.46)	(362840.23,7628009.60)
C164	30,00	13,99	N31° 30' 51.63E"	(362790.39,7627960.77)	(362797.64,7627972.60)
C165	30,00	36,00	N52° 31' 37.37E"	(362757.98,7627923.29)	(362784.86,7627943.90)
C166	40,00	43,39	N55° 49' 31.73E"	(362715.75,7627899.66)	(362749.91,7627922.85)
C167	50,00	18,75	N35° 29' 36.19E"	(362698.35,7627870.22)	(362709.18,7627885.41)
C168	40,00	15,85	N34° 53' 08.98E"	(362676.70,7627845.20)	(362685.71,7627858.12)
C169	30,00	36,01	N10° 51' 19.11W"	(362674.53,7627792.27)	(362668.15,7627825.55)

C170	40,00	29,41	N66° 18' 24.08W"	(362704.54,7627777.06)	(362678.21,7627788.61)
C171	32,00	25,30	N64° 43' 20.86W"	(362764.70,7627764.80)	(362742.41,7627775.32)
C172	35,00	64,00	N7° 09' 18.79E"	(362762.64,7627704.41)	(362769.55,7627759.42)
C173	80,00	46,23	N76° 05' 41.20E"	(362721.98,7627695.57)	(362766.24,7627706.52)
C174	100,00	31,49	N83° 37' 45.58E"	(362655.44,7627693.72)	(362686.60,7627697.20)
C175	80,00	50,45	N55° 44' 31.68E"	(362598.96,7627661.53)	(362639.97,7627689.47)
C176	85,00	98,04	N4° 37' 52.12E"	(362583.66,7627559.03)	(362591.15,7627651.42)
C177	40,00	30,86	N50° 30' 49.50W"	(362606.89,7627539.89)	(362583.66,7627559.03)
C178	55,00	61,51	N40° 34' 41.10W"	(362664.66,7627489.36)	(362626.71,7627533.68)
C179	95,00	45,42	N5° 09' 22.16E"	(362664.10,7627421.41)	(362668.14,7627466.22)
C180	260,00	118,22	N31° 52' 44.09E"	(362592.66,7627293.96)	(362654.56,7627393.48)
C181	70,00	68,21	N16° 59' 14.09E"	(362440.00,7627097.31)	(362459.15,7627160.00)
C182	18,00	32,81	N42° 11' 30.05E"	(362426.38,7627047.82)	(362445.48,7627068.90)
C183	90,00	26,96	N85° 49' 13.46E"	(362371.63,7627048.02)	(362398.43,7627049.98)
C184	131,00	62,44	N63° 34' 57.85E"	(362301.81,7627017.23)	(362357.20,7627044.75)
C185	60,00	16,61	N41° 59' 43.68E"	(362159.56,7626894.58)	(362170.64,7626906.88)
C186	78,00	67,38	N58° 48' 41.20E"	(362079.77,7626825.37)	(362135.64,7626859.19)
C187	180,00	40,66	N77° 05' 21.33E"	(362028.02,7626814.93)	(362067.56,7626824.00)

Número de radios de curvatura que no cumplen con normativa= 38

Número de radios de curvatura que si cumplen con normativa= 149

Longitud total de los radios de curvatura menores a 25 m= 998,39 m

4.3.2. Pendientes máximas

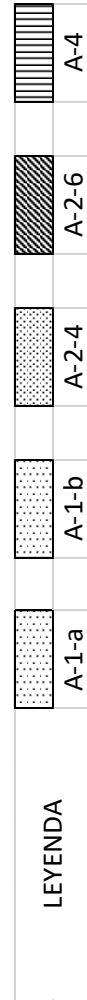
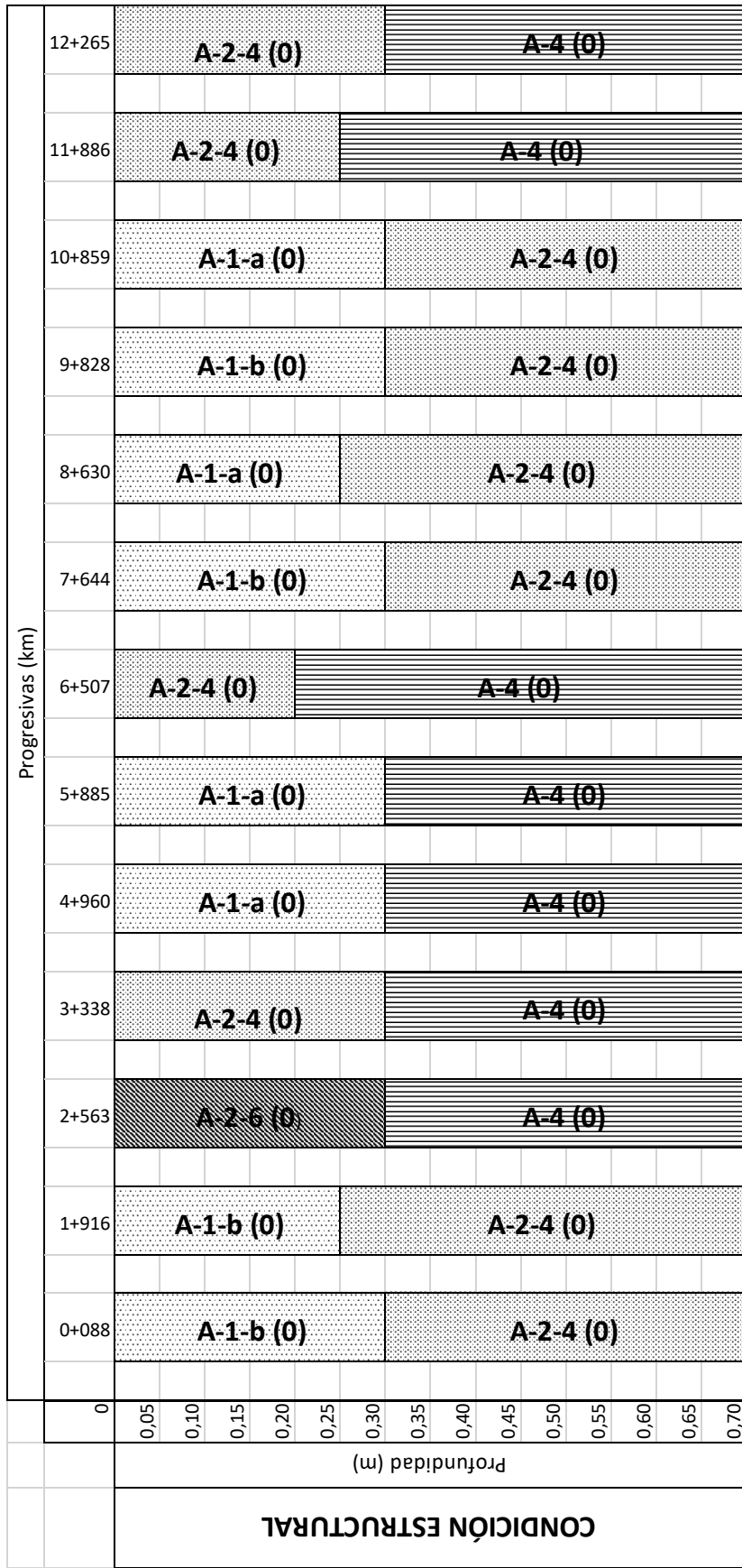
Se procedió a medir los desniveles en las inclinaciones más pronunciadas del tramo total, con 7 mediciones de pendientes se logró identificar la pendiente máxima.

Nº	LECTURA A	DISTANCIA HORIZONTAL A	LECTURA B	DISTANCIA HORIZONTAL B	DESNIVEL ΔZ	DISTANCIA HORIZONTAL TOTAL	PENDIENTE % S
1	4,68	43,26	0,08	16,63	4,60	59,89	7,69
2	4,54	44,32	0,12	20,10	4,41	64,42	-6,86
3	3,63	36,87	0,19	24,29	3,43	61,16	-5,62
4	3,78	27,77	0,05	11,60	3,72	39,37	-9,47
5	4,17	34,66	0,16	14,06	4,01	48,72	-8,23
6	4,49	37,71	0,08	16,74	4,40	54,45	-8,10
7	2,89	27,47	0,15	13,10	2,73	40,57	-6,75

Para un camino de desarrollo la pendiente máxima establecida por normativa es de 12 % por lo tanto las pendientes determinadas son aceptables

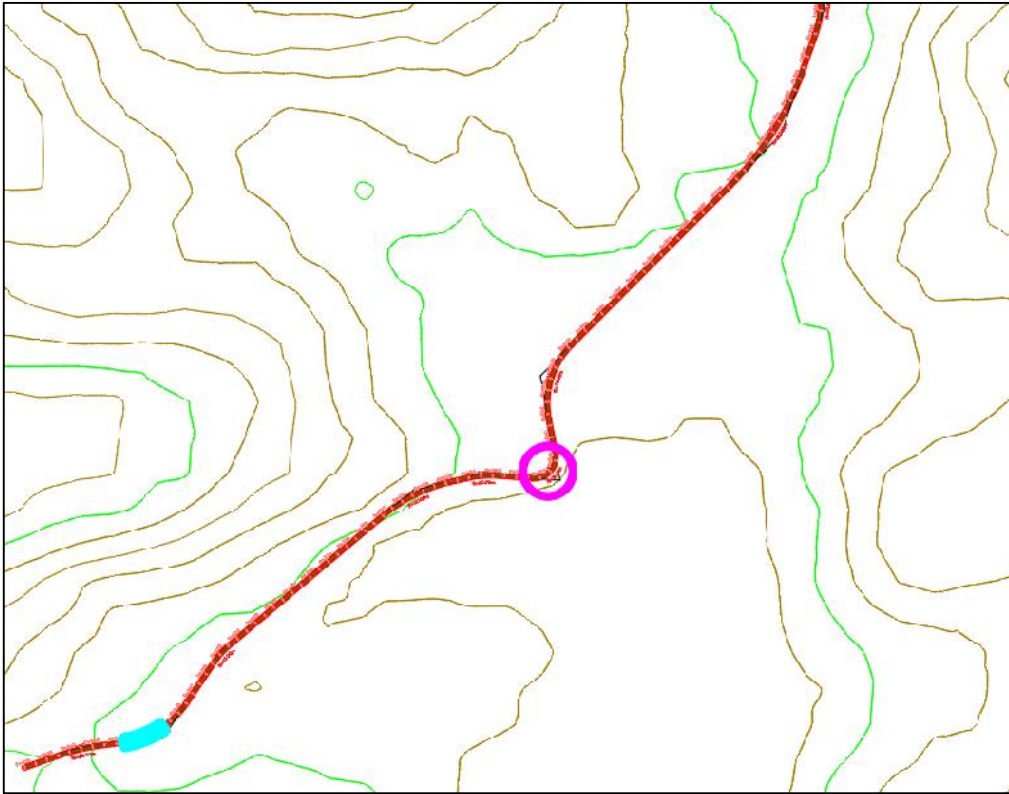
4.4. EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL TRAMO

4.4.1. Perfil de estratos



4.4.2. Calificación de evaluaciones y verificaciones de la geometría

Tramo 1



CONDICIÓN ESTRUCTURAL	Prof.	0,00	0+088
		0,05	
		0,10	A-1-b (0)
		0,15	
		0,20	
		0,25	
		0,30	
		0,35	A-2-4 (0)
		0,40	
		0,45	
		0,50	
		0,55	
		0,60	
		0,65	
	0,70		

Fragmentos de roca, grava y arena

Grava y arena arcillosa y limosa

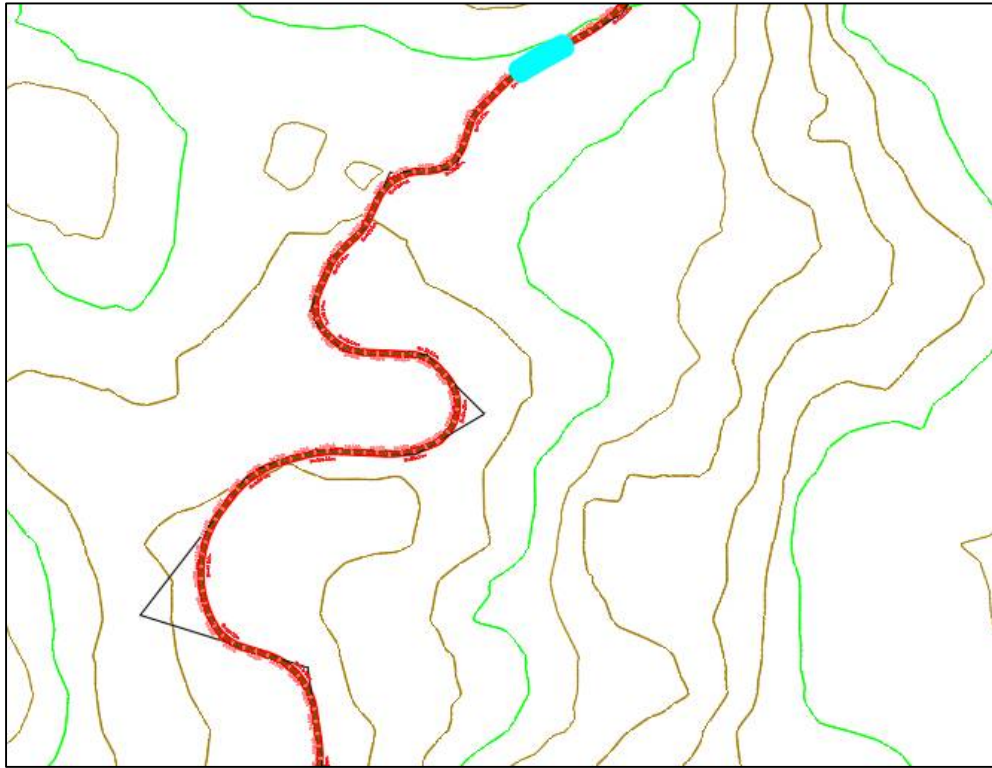


EVALUACIÓN SUPERFICIAL (URCI)		CALIFICACIÓN	
FALLAS	SEVERIDAD	BUENO	
81. Sección transversal inadecuada	L		
84. Polvo	M		
85. Huecos o baches	H		
86. Huellas	M		
OPCIONES DE REPARACIÓN			
81. Renivelación únicamente 84. Aplicar agua o un agente estabilizante 85. Escarificar, humectar y compactar 86. Renivelación únicamente, adición de material y compactación.			
VALOR URCI	69,00		
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL			CALIFICACIÓN
SUBRASANTE			SUBRASANTE REGULAR A BUENA
Clasificación	A-2-4(0)		
Densidad máxima (gr/cm ³)	2,00		
Humedad óptima (%)	8,14		
C.B.R. 100 % Dens. máx. (%)	20		
C.B.R. 95 % Dens. máx. (%)	13		
RIPIADO		SUBBASE BUENA	
Clasificación	A-1-b (0)		
Densidad máxima (gr/cm ³)	2,02		
Humedad óptima (%)	7,77		
C.B.R. 100 % Dens. máx. (%)	70		
C.B.R. 95 % Dens. máx. (%)	46		
Densidad in situ (gr/cm ³)	1,96		
% de compactación	96,84		

Observaciones de la geometría del tramo:

Se puede observar que un radio de curvatura no cumple con lo establecido por normativa (radio mínimo de 25 m), su nomenclatura es C182 y tiene un radio de 18 m con una longitud de 32,81 m, se encuentra entre las progresivas 0+510 y 0+550, las pendientes del tramo observadas cumplen correctamente con la normativa siendo menores del 12 %.

Tramo 2



CONDICIÓN ESTRUCTURAL	Prof. 0,00	1+916	
	0,05	A-1-b (0)	Fragmentos de roca, grava y arena
	0,10		
	0,15		
	0,20		
	0,25	A-2-4 (0)	Grava y arena arcillosa y limosa
	0,30		
	0,35		
	0,40		
	0,45		
	0,50		
	0,55		
	0,60		
	0,65		
0,70			

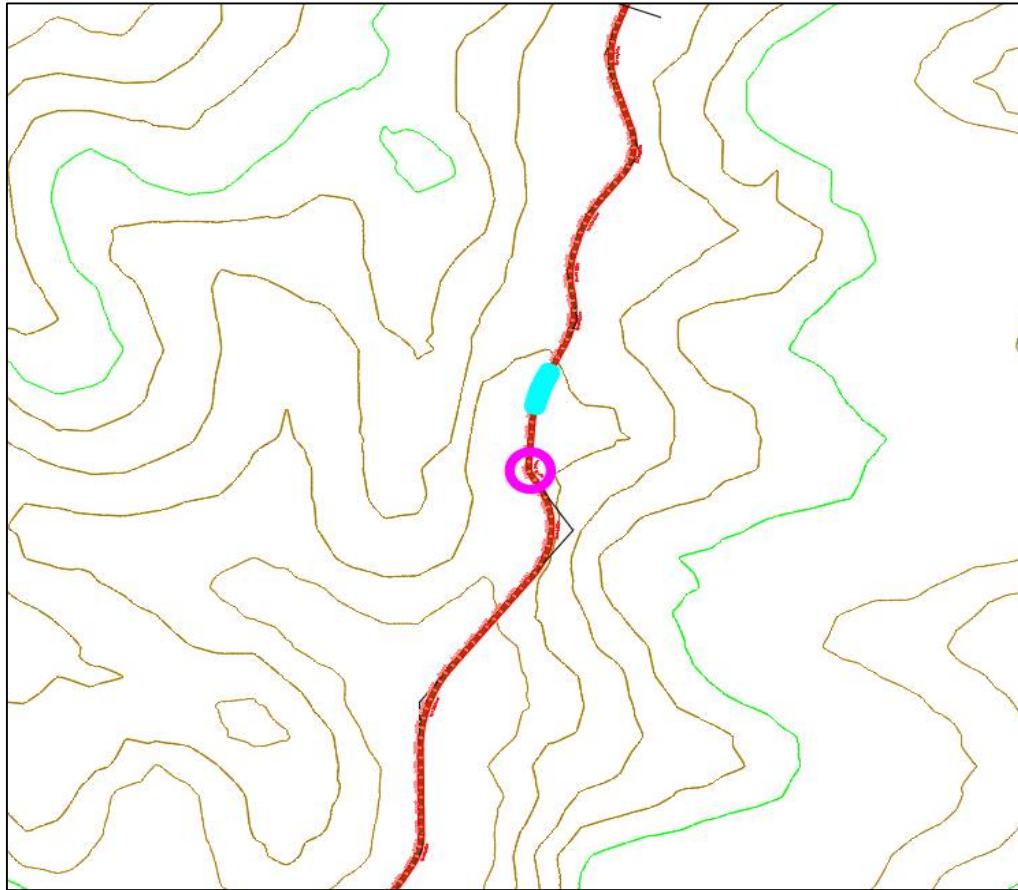


EVALUACIÓN SUPERFICIAL (URCI)		CALIFICACIÓN
FALLAS	SEVERIDAD	MUY BUENO
82. Drenaje lateral inadecuado	L	
83. Corrugaciones	L	
84. Polvo	M	
86. Huellas	L	
87. Agregado suelto	M	
OPCIONES DE REPARACIÓN		
82. Limpieza de cunetas 83. Renivelación únicamente 84. Aplicar agua o un agente estabilizante 86. Renivelación únicamente 87. Renivelación, adición de material y compactación.		
VALOR URCI	79,00	
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL		
SUBRASANTE		SUBRASANTE REGULAR A BUENA
A-2-4 (0)		
RIPIADO		SUBBASE BUENA
Clasificación	A-1-b (0)	
Densidad máxima (gr/cm³)	2,09	
Humedad óptima (%)	8,04	
C.B.R. 100 % Dens. máx. (%)	90	
C.B.R. 95 % Dens. máx. (%)	71	
Densidad in situ (gr/cm³)	2,01	
% de compactación	96,34	

Observaciones de la geometría del tramo:

Se puede observar que los radios de curvatura en este tramo se encuentran todos dentro de los parámetros aceptables por normativa, las pendientes observadas en campo no son muy pronunciadas siendo menores del 12 %.

Tramo 3



CONDICIÓN ESTRUCTURAL	Prof.	0,00	2+263	Grava y arena arcillosa o limosa
		0,05		
		0,10		
		0,15		
		0,20		
		0,25		
		0,30		
		0,35		
		0,40		
		0,45		
		0,50		
		0,55		
		0,60		
		0,65		
	0,70			
		A-2-6 (0)		
		A-4 (0)	Suelos limosos	

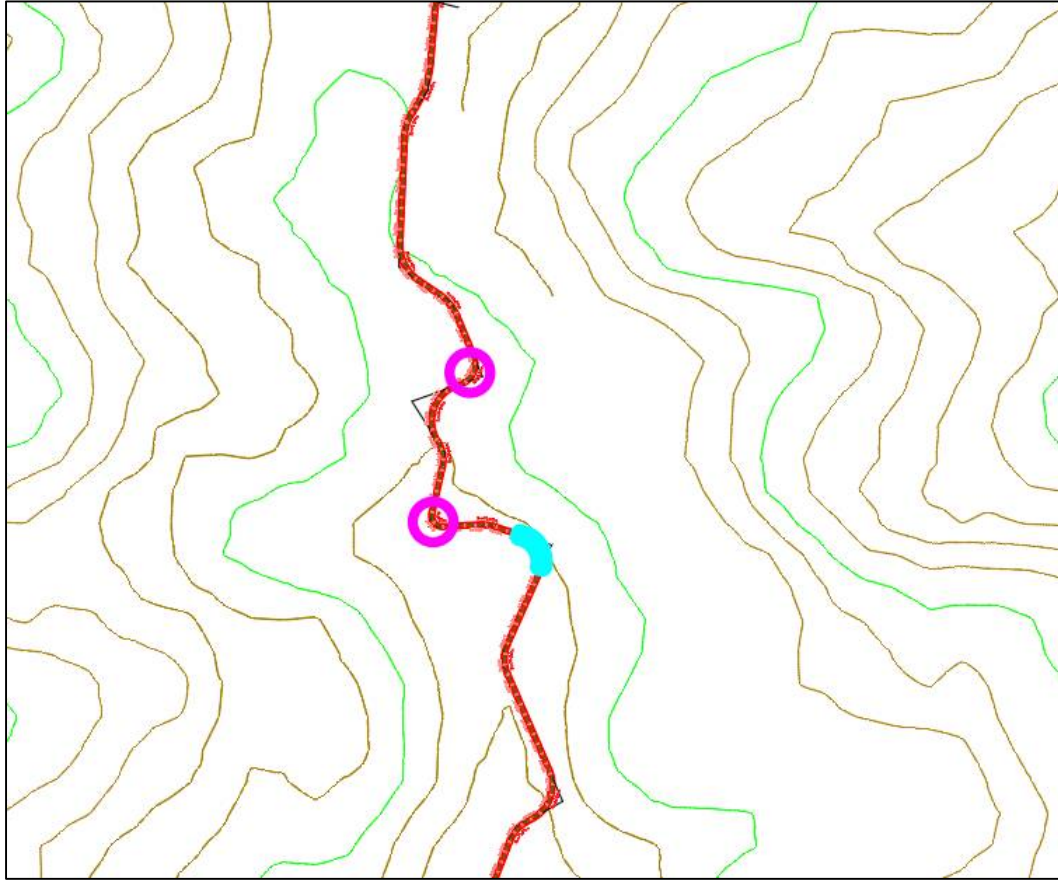


EVALUACIÓN SUPERFICIAL (URCI)		CALIFICACIÓN
FALLAS	SEVERIDAD	MUY BUENO
84. Polvo	M	
87. Agregado suelto	M	
OPCIONES DE REPARACIÓN		
84. Aplicar agua o un agente estabilizante 87. Renivelación, adición de material y compactación.		
VALOR URCI	80,00	
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL		CALIFICACIÓN
SUBRASANTE		SUBRASANTE REGULAR
Clasificación	A-4 (0)	
Densidad máxima (gr/cm ³)	1,86	
Humedad óptima (%)	8,70	
C.B.R. 100 % Dens. máx. (%)	12	
C.B.R. 95 % Dens. máx. (%)	8	
RIPIADO		SUBBASE BUENA
Clasificación	A-2-6 (0)	
Densidad máxima (gr/cm ³)	2,08	
Humedad óptima (%)	7,27	
C.B.R. 100 % Dens. max. (%)	50	
C.B.R. 95 % Dens. max. (%)	39	
Densidad in situ (gr/cm ³)	1,96	
% de compactación	94,36	

Observaciones de la geometría del tramo:

Pendientes aceptables, los radios de curvatura están dentro de normativa a excepción del radio C158 de 15 m de radio y 10,17 m de longitud.

Tramo 4



CONDICIÓN ESTRUCTURAL	Prof. 0,00	3+338	
	0,05	A-2-4 (0)	Grava y arena arcillosa o limosa
	0,10		
	0,15		
	0,20		
	0,25		
	0,30	A-4 (0)	Suelos limosos
	0,35		
	0,40		
	0,45		
	0,50		
	0,55		
	0,60		
	0,65		
0,70			

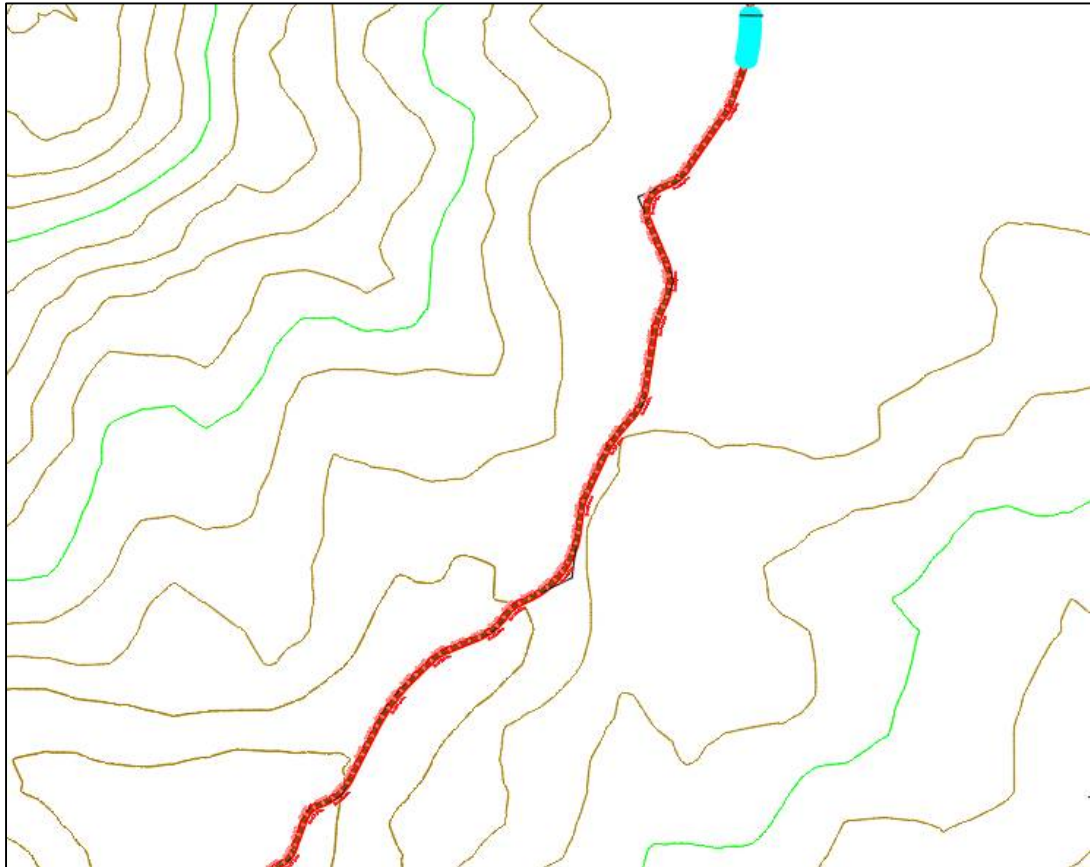


EVALUACIÓN SUPERFICIAL (URCI)		CALIFICACIÓN
FALLAS	SEVERIDAD	MUY BUENO
81. Sección transversal inadecuada	L	
82. Drenaje lateral inadecuado	M	
84. Polvo	M	
87. Agregado suelto	M	
OPCIONES DE REPARACIÓN		
81. Renivelación únicamente 82. Limpiar las alcantarillas, conformar, construir, compactar o ampliar las cunetas. 84. Aplicar agua o un agente estabilizante 87. Renivelación, adición de material y compactación.		
VALOR URCI	82,00	
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL		CALIFICACIÓN
SUBRASANTE		SUBRASANTE REGULAR
A-4 (0)		
RIPIADO		SUBBASE BUENA
Clasificación	A-2-4 (0)	
Densidad máxima (gr/cm ³)	2,06	
Humedad óptima (%)	8,67	
C.B.R. 100 % Dens. máx. (%)	58	
C.B.R. 95 % Dens. máx. (%)	48	
Densidad in situ (gr/cm ³)	1,96	
% de compactación	95,33	

Observaciones de la geometría del tramo:

Dos radios de curvatura no cumplen con normativa, C146 con 10 m de radio y 18,42 m de longitud y C143 con 20 m de radio y 32,57 m de longitud. Las pendientes están dentro de normativa, este es el tramo de subida que tiene mayor pendiente llegando a una pendiente de 7,69 % siendo menor que la pendiente máxima para caminos de desarrollo.

Tramo 5



CONDICIÓN ESTRUCTURAL	Prof. 0,00	4+960	
	0,05	A-1-a (0)	Fragmentos de roca, grava y arena
	0,10		
	0,15		
	0,20		
	0,25		
	0,30	A-4 (0)	Suelos limosos
	0,35		
	0,40		
	0,45		
	0,50		
	0,55		
	0,60		
	0,65		
0,70			

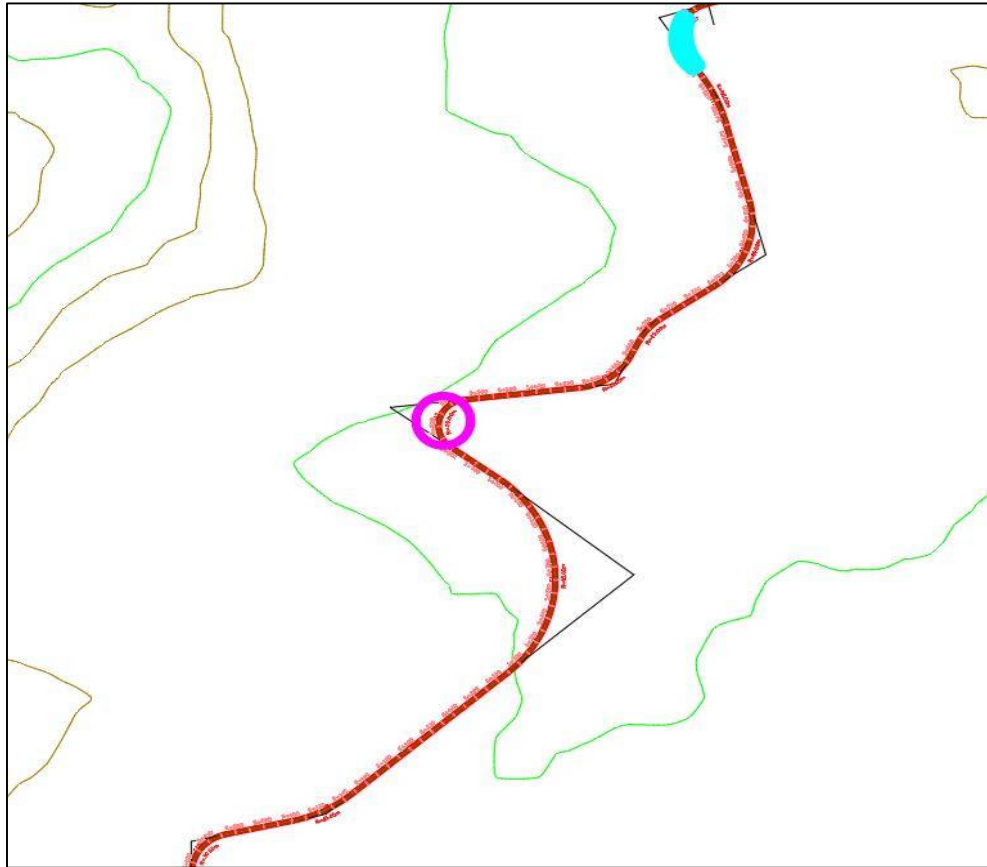


EVALUACIÓN SUPERFICIAL (URCI)		CALIFICACIÓN
FALLAS	SEVERIDAD	MUY BUENO
84. Polvo	M	
86. Huellas	M	
87. Agregado suelto	M	
OPCIONES DE REPARACIÓN		
84. Aplicar agua o un agente estabilizante 86. Renivelación únicamente, adición de material y compactado. 87. Renivelación, adición de material y compactación.		
VALOR URCI	75,00	
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL		CALIFICACIÓN
SUBRASANTE		SUBRASANTE REGULAR
A-4 (0)		
RIPIADO		SUBBASE BUENA
Clasificación	A-1-a (0)	
Densidad máxima (gr/cm ³)	2,06	
Humedad óptima (%)	7,40	
C.B.R. 100 % Dens. máx. (%)	93	
C.B.R. 95 % Dens. máx. (%)	72	
Densidad in situ (gr/cm ³)	2,01	
% de compactación	97,38	

Observaciones de la geometría del tramo:

Tramo de pendientes bajas y radios de curvatura adecuados con valores aceptables según normativa.

Tramo 6



CONDICIÓN ESTRUCTURAL	Prof. 0,00	5+940	
	0,05	A-1-a (0)	Fragmentos de roca, grava y arena
	0,10		
	0,15		
	0,20		
	0,25		
	0,30	A-4 (0)	Suelos limosos
	0,35		
	0,40		
	0,45		
	0,50		
	0,55		
	0,60		
	0,65		
0,70			

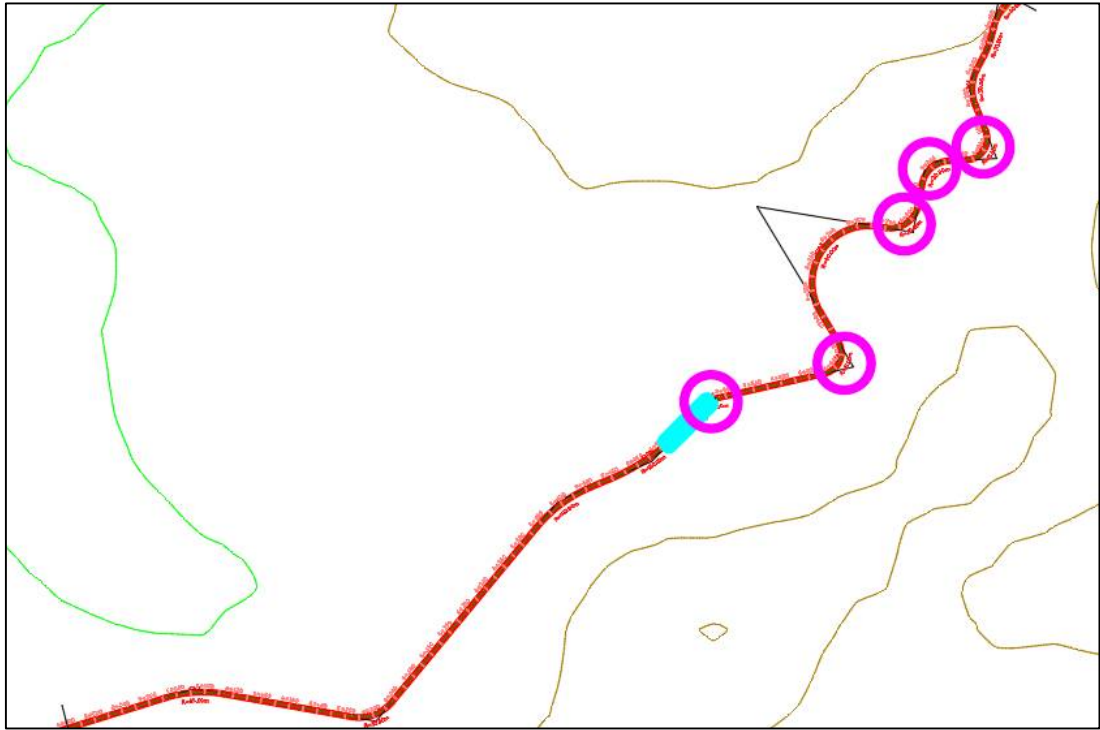


EVALUACIÓN SUPERFICIAL (URCI)		CALIFICACIÓN
FALLAS	SEVERIDAD	BUENO
82. Drenaje lateral inadecuado	L	
84. Polvo	M	
86. Huellas	M	
87. Agregado suelto	M	
OPCIONES DE REPARACIÓN		
82. Limpiar las alcantarillas, conformar, construir, compactar o ampliar las cunetas.		
84. Aplicar agua o un agente estabilizante.		
86. Renivelación únicamente, adición de material y compactación.		
87. Renivelación, adición de material y compactación.		
VALOR URCI	68,00	
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL		CALIFICACIÓN
SUBRASANTE		SUBRASANTE REGULAR
Clasificación	A-4 (0)	
Densidad máxima (gr/cm ³)	1,91	
Humedad óptima (%)	9,74	
C.B.R. 100 % Dens. máx. (%)	14	
C.B.R. 95 % Dens. máx. (%)	8	
RIPIADO		SUBBASE BUENA
Clasificación	A-1-a (0)	
Densidad máxima (gr/cm ³)	2,02	
Humedad óptima (%)	9,13	
C.B.R. 100 % Dens. máx. (%)	72	
C.B.R. 95 % Dens. máx. (%)	66	
Densidad in situ (gr/cm ³)	1,89	
% de compactación	93,44	

Observaciones de la geometría del tramo:

El radio de curvatura C117 dentro del tramo no cumple con la normativa, siendo este de 20 m con una longitud de 48,05 m, los demás radios son aceptables. Las pendientes de igual forma son aceptables, estando por debajo del 12 % de pendiente máxima.

Tramo 7



CONDICIÓN ESTRUCTURAL	Prof. 0,00	A-2-4 (0)	Fragmentos de roca, grava y arena
	0,05		
	0,10	A-4 (0)	Suelos limosos
	0,15		
	0,20		
	0,25		
	0,30		
	0,35		
	0,40		
	0,45		
	0,50		
	0,55		
	0,60		
	0,65		
0,70			



EVALUACIÓN SUPERFICIAL (URCI)		CALIFICACIÓN
FALLAS	SEVERIDAD	MUY BUENO
82. Drenaje lateral inadecuado	M	
84. Polvo	M	
85. Huecos o baches	M	
87. Agregado suelto	L	
OPCIONES DE REPARACIÓN		
84. Aplicar agua o un agente estabilizante 86. Renivelación únicamente, adición de material y compactado. 87. Renivelación, adición de material y compactación.		
VALOR URCI	79,00	
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL		CALIFICACIÓN
SUBRASANTE		SUBRASANTE REGULAR
A-4 (0)		
RIPIADO		SUBBASE BUENA
Clasificación	A-2-4 (0)	
Densidad máxima (gr/cm ³)	2,09	
Humedad óptima (%)	9,42	
C.B.R. 100 % Dens. máx. (%)	58	
C.B.R. 95 % Dens. máx. (%)	42	
Densidad in situ (gr/cm ³)	2,03	
% de compactación	97,35	

Observaciones de la geometría del tramo:

Es apreciable que en este tramo existe mayor cantidad de radios de curvatura que no cumplen con normativa, la curva C107 con un radio de 20 m y una longitud de 11,79 m; C106 con un radio de 15 m y una longitud de 28,31 m; C104 con un radio de 20 m y una longitud de 30,96 m; C103 con un radio de 20 m y una longitud de 26,75 y C102 con un radio de 15 m y una longitud de 28,53 m.

Las pendientes en este tramo cumplen con normativa.

Tramo 8



CONDICIÓN ESTRUCTURAL	Prof. 0,00	7+740	A-1-b (0)	Fragmentos de roca, grava y arena
	0,05			
	0,10	A-2-4 (0)	Grava y arena arcillosa y limosa	
	0,15			
	0,20			
	0,25			
	0,30			
	0,35			
	0,40			
	0,45			
	0,50			
	0,55			
	0,60			
	0,65			
	0,70			



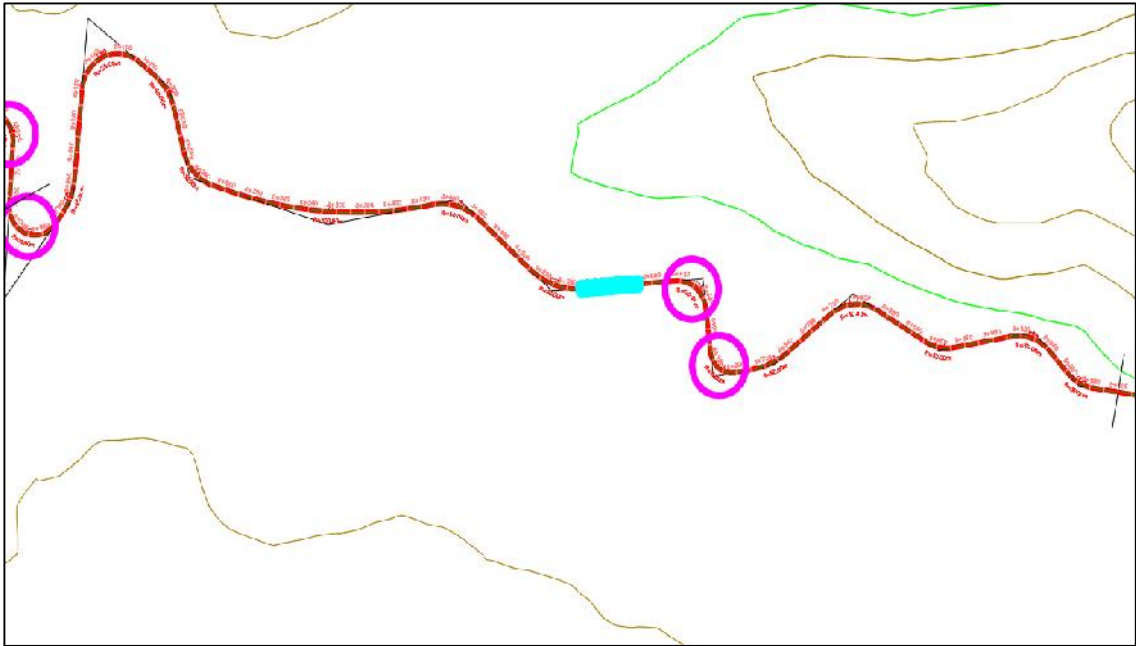
EVALUACIÓN SUPERFICIAL (URCI)		CALIFICACIÓN
FALLAS	SEVERIDAD	MUY BUENO
83. Corrugaciones	L	
84. Polvo	M	
87. Agregado suelto	M	
OPCIONES DE REPARACIÓN		
83. Renivelación únicamente 84. Aplicar agua o un agente estabilizante 87. Renivelación, adición de material y compactación.		
VALOR URCI	75,00	
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL		CALIFICACIÓN
SUBRASANTE		SUBRASANTE REGULAR A BUENA
A-2-4 (0)		
RIPIADO		SUBBASE BUENA
Clasificación	A-1-b (0)	
Densidad máxima (gr/cm ³)	2,11	
Humedad óptima (%)	7,63	
C.B.R. 100 % Dens. máx. (%)	80	
C.B.R. 95 % Dens. máx. (%)	67	
Densidad in situ (gr/cm ³)	2,01	
% de compactación	95,42	

Observaciones de la geometría del tramo:

No cumplen con normativa los siguientes radios de curvatura: C98 con radio de 20 m y longitud 33,32 m; C90 con radio de 20 m y longitud de 14,14 m; C89 con radio de 10 m y longitud 27,98 m y C83 con radio de 20 m y longitud de 16,61 m.

Las pendientes cumplen correctamente siendo menores del 12 %.

Tramo 9



CONDICIÓN ESTRUCTURAL	Prof. 0,00	8+550	
	0,05	A-1-a (0)	Fragmentos de roca, grava y arena
	0,10		
	0,15		
	0,20		
	0,25		
	0,30	A-2-4 (0)	Grava y arena arcillosa y limosa
	0,35		
	0,40		
	0,45		
	0,50		
	0,55		
	0,60		
	0,65		
	0,70		



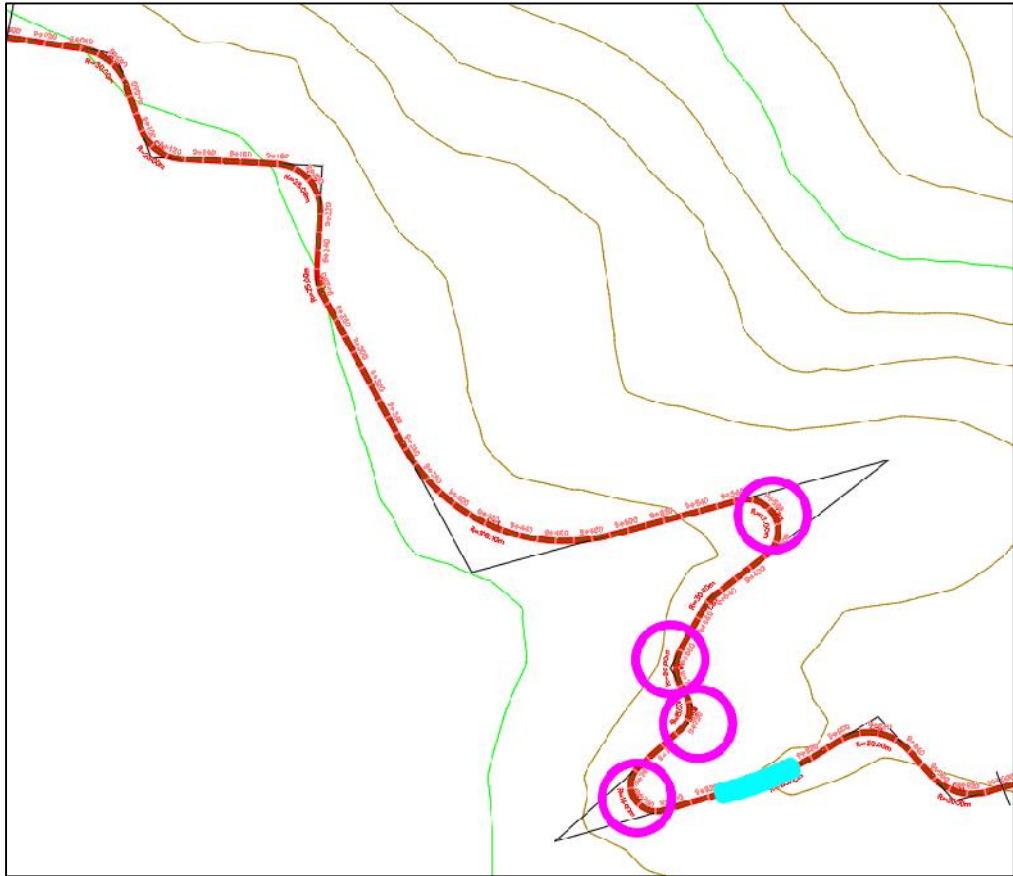
EVALUACIÓN SUPERFICIAL (URCI)		CALIFICACIÓN
FALLAS	SEVERIDAD	BUENO
82. Drenaje lateral inadecuado	M	
84. Polvo	M	
85. Huecos o baches	M	
86. Huellas	L	
87. Agregado suelto	L	
OPCIONES DE REPARACIÓN		
82. Limpiar las alcantarillas, conformar, construir, compactar o ampliar las cunetas.		
84. Aplicar agua o un agente estabilizante.		
85. Renivelación, adición de material y compactación		
86. Renivelación únicamente		
87. Renivelación únicamente		
VALOR URCI	68,00	
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL		CALIFICACIÓN
SUBRASANTE		SUBRASANTE REGULAR A BUENA
Clasificación	A-2-4 (0)	
Densidad máxima (gr/cm ³)	1,99	
Humedad óptima (%)	9,18	
C.B.R. 100 % Dens. máx. (%)	21	
C.B.R. 95 % Dens. máx. (%)	10	
RIPIADO		SUBBASE BUENA
Clasificación	A-1-a (0)	
Densidad máxima (gr/cm ³)	2,06	
Humedad óptima (%)	8,90	
C.B.R. 100 % Dens. máx. (%)	83	
C.B.R. 95 % Dens. máx. (%)	61	
Densidad in situ (gr/cm ³)	1,89	
% de compactación	91,65	

Observaciones de la geometría del tramo:

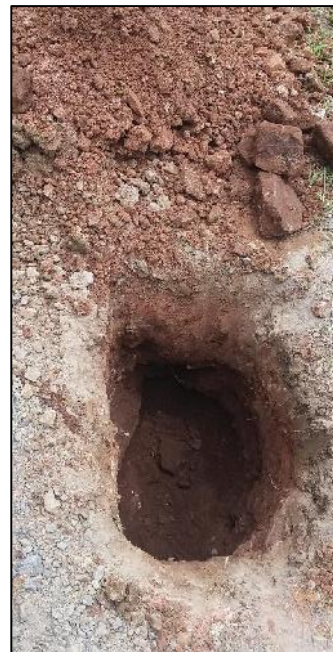
Se observan tres curvaturas fuera de los parámetros establecidos por normativa, C82 con un radio de 18 m y una longitud de 45,99 m; C74 con un radio de 20 m y una longitud de 30,56 m y C73 con un radio de 15 m y una longitud de 24,41 m.

Las pendientes son aceptables.

Tramo 10



CONDICIÓN ESTRUCTURAL	Prof. 0,00	9+828	A-1-b (0)	Fragmentos de roca, grava y arena
	0,05			
	0,10	A-2-4 (0)	Grava y arena arcillosa y limosa	
	0,15			
	0,20			
	0,25			
	0,30			
	0,35			
	0,40			
	0,45			
	0,50			
	0,55			
	0,60			
	0,65			
0,70				



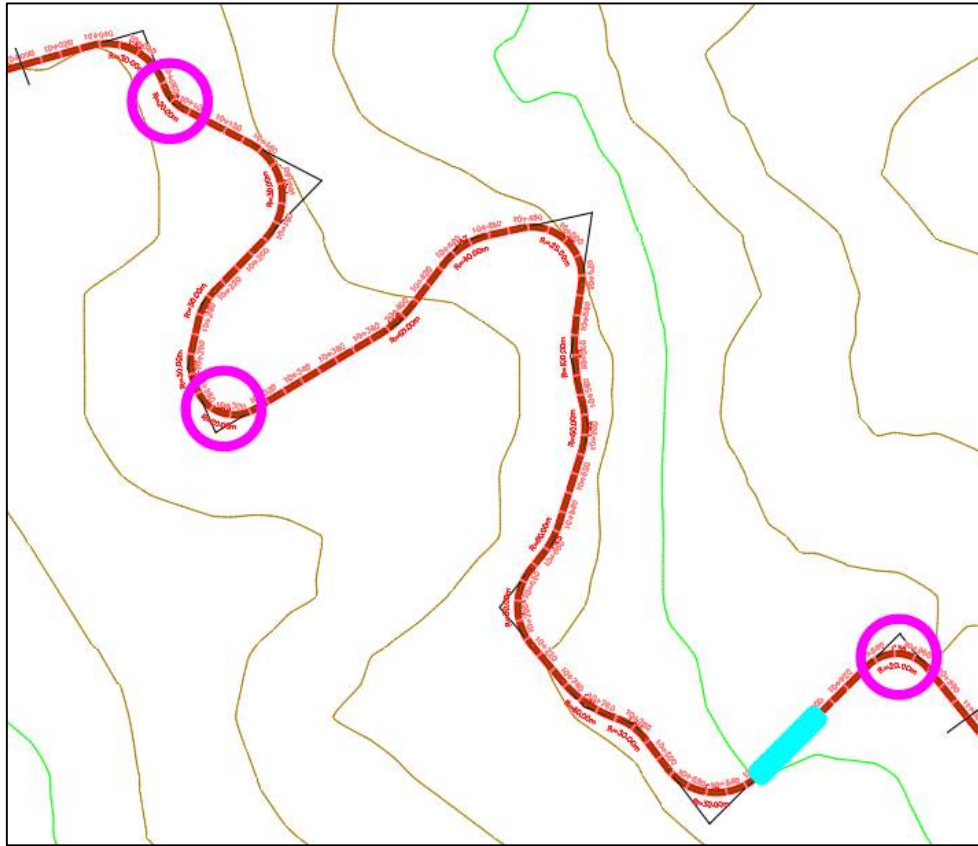
EVALUACIÓN SUPERFICIAL (URCI)		CALIFICACIÓN
FALLAS	SEVERIDAD	MUY BUENO
83. Corrugaciones	L	
84. Polvo	M	
87. Agregado suelto	M	
OPCIONES DE REPARACIÓN		
83. Renivelación únicamente 84. Aplicar agua o un agente estabilizante 87. Renivelación, adición de material y compactación.		
VALOR URCI	75,00	
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL		CALIFICACIÓN
SUBRASANTE		SUBRASANTE REGULAR A BUENA
A-2-4 (0)		
RIPIADO		SUBBASE BUENA
Clasificación	A-1-b (0)	
Densidad máxima (gr/cm ³)	2,11	
Humedad óptima (%)	7,63	
C.B.R. 100 % Dens. máx. (%)	89	
C.B.R. 95 % Dens. máx. (%)	70	
Densidad in situ (gr/cm ³)	2,02	
% de compactación	95,63	

Observaciones de la geometría del tramo:

Se aprecian cuatro radios de curvatura que no cumplen con normativa: C62 con un radio de 17 m y una longitud de 46,66 m; C60 con un radio de 20 m y una longitud de 20,85 m; C59 con un radio de 15 m y una longitud de 20,64 y C58 con un radio de 14 m y una longitud de 37,72 m.

Las pendientes son aceptables.

Tramo 11



CONDICIÓN ESTRUCTURAL	Prof.	0,00	10+859
		0,05	
		0,10	
		0,15	
		0,20	
		0,25	
		0,30	
		0,35	
		0,40	
		0,45	
		0,50	
		0,55	
		0,60	
		0,65	
	0,70		

A-1-a (0)	Fragmentos de roca, grava y arena
A-2-4 (0)	Grava y arena arcillosa y limosa



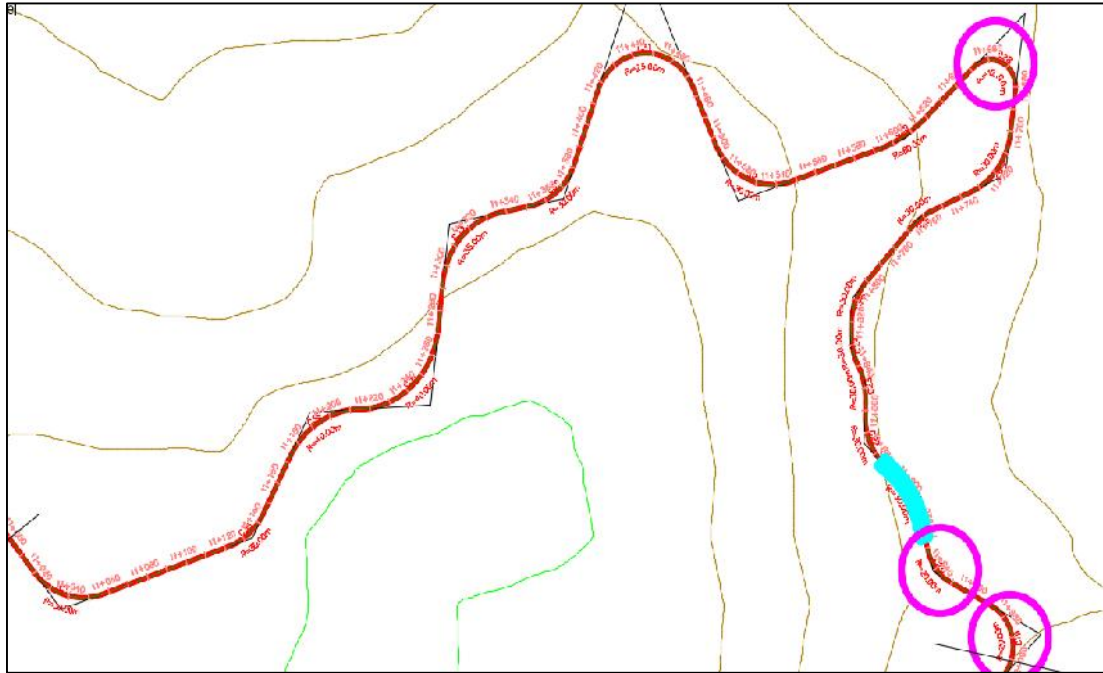
EVALUACIÓN SUPERFICIAL (URCI)		CALIFICACIÓN
FALLAS	SEVERIDAD	BUENO
81. Sección transversal inadecuada	L	
82. Drenaje lateral inadecuado	M	
84. Polvo	M	
86. Huellas	M	
OPCIONES DE REPARACIÓN		
81. Renivelación únicamente 82. Limpiar las alcantarillas, conformar, construir, compactar o ampliar las cunetas. 84. Aplicar agua o un agente estabilizante 86. Renivelación, adición de material y compactación.		
VALOR URCI	58,00	
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL		CALIFICACIÓN
SUBRASANTE		SUBRASANTE REGULAR A BUENA
A-2-4 (0)		
RIPIADO		SUBBASE BUENA
Clasificación	A-1-a (0)	
Densidad máxima (gr/cm ³)	2,04	
Humedad óptima (%)	7,78	
C.B.R. 100 % Dens. máx. (%)	82	
C.B.R. 95 % Dens. máx. (%)	68	
Densidad in situ (gr/cm ³)	1,85	
% de compactación	90,80	

Observaciones de la geometría del tramo:

Tres radios de curvatura no cumplen con normativa: C53 con un radio de 20 m y una longitud de 14,36 m; C49 con un radio de 20 m y una longitud de 34,06 m y C38 con un radio de 20 m y una longitud de 33,54 m.

Las pendientes son aceptables.

Tramo 12



CONDICIÓN ESTRUCTURAL	Prof. 0,00	A-2-4 (0)	Grava y arena arcillosa o limosa
	0,05		
	0,10		
	0,15		
	0,20		
	0,25	A-4 (0)	Suelos limosos
	0,30		
	0,35		
	0,40		
	0,45		
	0,50		
	0,55		
	0,60		
	0,65		
0,70			



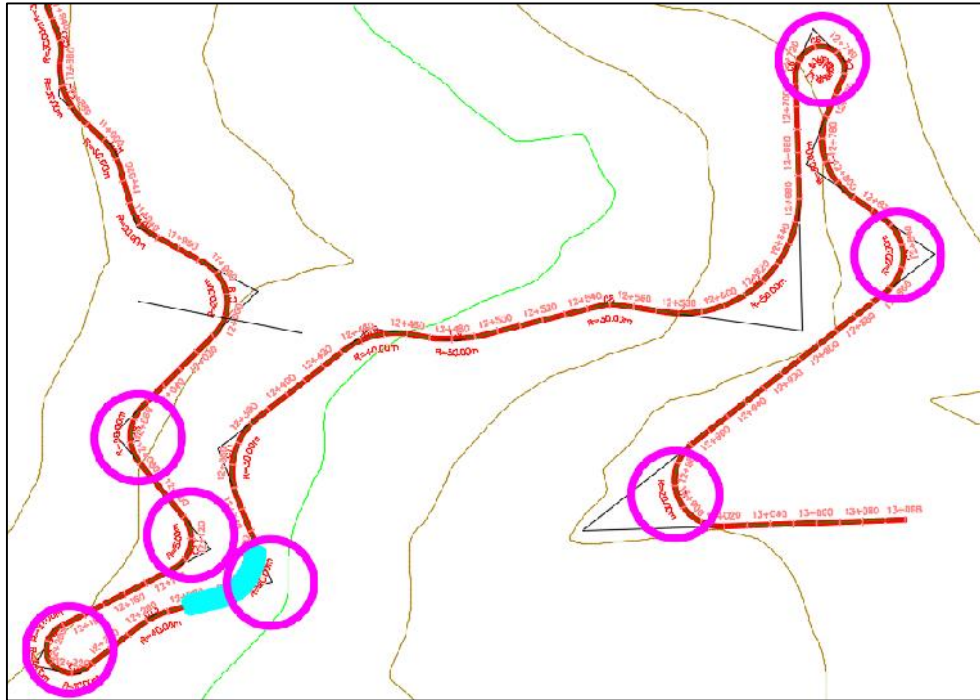
EVALUACIÓN SUPERFICIAL (URCI)		CALIFICACIÓN
FALLAS	SEVERIDAD	MUY BUENO
83. Corrugaciones	L	
84. Polvo	M	
87. Agregado suelto	M	
OPCIONES DE REPARACIÓN		
83. Renivelación únicamente 84. Aplicar agua o un agente estabilizante 87. Renivelación, adición de material y compactación.		
VALOR URCI	82,00	
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL		CALIFICACIÓN
SUBRASANTE		SUBRASANTE REGULAR
A-4 (0)		
RIPIADO		SUBBASE BUENA
Clasificación	A-2-4 (0)	
Densidad máxima (gr/cm ³)	2,10	
Humedad óptima (%)	9,42	
C.B.R. 100 % Dens. máx. (%)	55	
C.B.R. 95 % Dens. máx. (%)	49	
Densidad in situ (gr/cm ³)	1,99	
% de compactación	94,79	

Observaciones de la geometría del tramo:

Las curvas siguientes no cumplen con normativa: C28 con un radio de 12 m y una longitud de 29,59 m, C20 con un radio de 20 m y una longitud de 15,96 m y C19 con un radio de 20 m y una longitud de 37,45 m.

Las pendientes son aceptables.

Tramo 13



CONDICIÓN ESTRUCTURAL	Prof.	0,00	12+280	
		0,05		
		0,10	A-2-4 (0)	Grava y arena arcillosa o limosa
		0,15		
		0,20		
		0,25		
		0,30		
		0,35	A-4 (0)	Suelos limosos
		0,40		
		0,45		
		0,50		
		0,55		
		0,60		
		0,65		
	0,70			



EVALUACIÓN SUPERFICIAL (URCI)		CALIFICACIÓN
FALLAS	SEVERIDAD	MUY BUENO
82. Drenaje lateral inadecuado	M	
83. Corrugaciones	M	
84. Polvo	M	
87. Agregado suelto	L	
OPCIONES DE REPARACIÓN		
82. Limpiar las alcantarillas, conformar, construir, compactar o ampliar las cunetas. 83. Renivelación, adición de material y compactación. 84. Aplicar agua o un agente estabilizante 87. Renivelación únicamente.		
VALOR URCI	72,00	
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL		CALIFICACIÓN
SUBRASANTE		SUBRASANTE REGULAR
A-4 (0)		
RIPIADO		SUBBASE BUENA
Clasificación	A-2-4 (0)	
Densidad máxima (gr/cm ³)	2,08	
Humedad óptima (%)	7,89	
C.B.R. 100 % Dens. máx. (%)	63	
C.B.R. 95 % Dens. máx. (%)	47	
Densidad in situ (gr/cm ³)	1,95	
% de compactación	93,93	

Observaciones de la geometría del tramo:

Se identificaron las siguientes curvas que no cumplen con normativa: C18 con un radio de 20 m y una longitud de 29,61 m; C17 con un radio de 15 m y una longitud de 26,61 m, C16 con un radio de 10 m y una longitud de 6,3 m, C15 con un radio de 10 m y una longitud de 18,63; C14 con un radio de 10 m y una longitud de 8,46, C12 con un radio de 20 m y una longitud de 33,6 m; C6 con un radio de 10 m y una longitud de 4,55 m; C5 con un radio de 10 m y una longitud de 19,41; C4 con un radio de 10 m y una longitud de 11,58; C2 con un radio de 20 m y una longitud de 37,28 m y C1 con un radio de 20 m y una longitud de 50,16 m. En este tramo se encuentra la pendiente máxima de - 9, 47 %, siendo también menor que la máxima admisible de 12 %.

4.5. DISEÑO DE ESPESORES MÉTODO AASTHO 93 (DIPAV 2.0)

4.5.1. Alternativas de diseño

Alternativa 1. Diseño de espesores a nivel subrasante

Esta alternativa consta del diseño de espesores a nivel subrasante, tomando como CBR de la subrasante el valor mínimo de todos los evaluados, este diseño implica todos los espesores del paquete estructural, es decir que se cambiaría todo el ripiado del tramo Canaletas – Narvéez para colocar un nuevo paquete estructural contemplado por capa subbase, capa base y carpeta de rodadura, que cumpla con las condiciones del tráfico.

En esta alternativa se considera un diseño con carpeta asfáltica y otro con tratamiento superficial.

Alternativa 2. Diseño de espesores manteniendo el ripiado como capa subbase

Para esta alternativa se consideró tomar los datos críticos del tramo Canaletas – Narvéez, por seguridad se tomaron valores mínimos de CBR y de espesor del tramo, ya que se tiene el perfil de estratos se tomó una altura de 20 cm como mínimo y de las 13 muestras extraídas del ripiado también se escogió la mínima que es el 39 % al 95 % de la densidad máxima, la finalidad de esta alternativa es verificar si se puede realizar un tratamiento directo sobre el ripiado actual del camino.

En esta alternativa se considera un diseño con carpeta asfáltica y otro con tratamiento superficial.

4.5.2. Parámetros de diseño

Ecuación de diseño para pavimento flexible

$$\log_{10}(ESAL) = Z_R S_0 + 9,36 \log_{10}(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \log_{10} M_R - 8,07$$

ESAL = Tráfico de diseño.

Z_R = Desviación normal standard para el grado de confiabilidad R elegido.

S_0 = Error combinado estándar de tráfico y predicción de funcionamiento.

ΔPSI = Diferencia entre índice de serviciabilidad inicial y terminal.

M_R = Módulo Resiliente (psi).

SN = Número estructural.

Serviciabilidad

Es la condición de un pavimento para proveer un manejo seguro y confortable a los usuarios en un determinado momento.

$P_0 = 4,2$ (4,2 es la máxima calificación lograda en la AASTHO Road Test para pavimento flexible).

$P_t = 2,5$ para carreteras con un volumen de tráfico alto o 2,0 para carreteras con un volumen menor. Para ambas alternativas se utiliza una serviciabilidad final de 2,0.

Módulo resiliente de la subrasante

Datos de CBR calculados en el tramo Canaletas – Narvéez

Nº	Progresiva	CBR al 100 % D.M.	CBR al 95 % D.M.
1	0+088	20	13
2	2+563	12	8
3	5+940	14	8
4	8+630	21	10

Se optó por tomar el menor CBR al 95 % de la densidad máxima, para tomar como punto crítico y diseñar con ese valor todo el tramo.

El módulo de resiliencia se obtiene de la correlación del CBR mediante:

Para $CBR < 10 \%$

$$M_R(psi) = 1500 * CBR$$

Para CBR de 10 % a 20 %

$$M_R(psi) = 3000 * CBR^{0,65}$$

Para $CBR > 20 \%$

$$M_R(psi) = 4326 * Ln(CBR) + 241$$

Por lo tanto, para un CBR de 8 % el módulo de resiliencia sería:

$$M_R(psi) = 1500 * CBR$$

$$M_R(psi) = 1500 * 8 = 12000,00 psi$$

Confiabilidad

Es el nivel de probabilidad que tiene una estructura de pavimento diseñada para durar a través de análisis, en el siguiente cuadro se observan los niveles sugeridos de acuerdo a la clasificación funcional del camino.

Clasificación funcional de la vía	Nivel recomendado de confiabilidad (%)	
	Urbana	Rural
Autopistas	85 – 99,9	80 – 99,9
Arterias principales	80 – 99	75 – 95
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

Para el diseño se tomó una confiabilidad del 80 % siendo una vía local de bajo volumen de tráfico.

Error estándar combinado S_0

Representa la desviación estándar conjunta que conjuga la desviación estándar de la ley de predicción del tránsito en el periodo de diseño con la desviación estándar de la ley de predicción de comportamiento del pavimento, es decir, del número de ejes que puede soportar el pavimento hasta que su índice descienda por debajo de un determinado valor Pt.

Para pavimentos flexibles: 0,40 – 0,50

0,45 = Construcción nueva

0,50 = Sobre capas

En el diseño de espesores se adoptó una desviación estándar de 0,49.

Número de ejes equivalentes

Está basado en las cargas esperadas y acumulativas de un eje equivalente a 18000 lbs durante el periodo de análisis. Para cualquier situación de diseño donde la estructura inicial del pavimento se espera que dure todo el periodo de análisis sin ninguna obra de rehabilitación todo lo que se requiere es el ESAL acumulado en todo el periodo de análisis.

$$ESAL = ESAL_0 * 365 * Dd * Dl * \frac{[(1 + r)^n - 1]}{r}$$

ESAL₀ = Repeticiones del eje de carga equivalente actual

Dd = Factor de distribución direccional, por lo general se considera 0,5

Dl = Factor de distribución de carril.

r = Tasa de crecimiento anual.

n = Periodo de diseño

El programa DIPAV 2.0 calcula el número de ejes equivalentes ESALs, introduciendo los datos del tráfico calculado para un periodo de diseño de 15 años y una tasa de crecimiento de 4,50.

Se asume un valor SN y se toma un porcentaje de 50 % para el tráfico en el carril de diseño, con estos datos se determina el ESALs.

Para el número estructural se debe realizar iteraciones hasta que se igualen los valores con la primera hoja del programa.

Número estructural indicativo del espesor total requerido de pavimento (SN)

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

a_i = Coeficiente estructural de la capa i.

D_i = Espesor, en pulgadas, de la capa i.

m_i = Coeficiente de drenaje de la capa i.

Coeficientes estructurales (a_i)

Representa la capacidad estructural del material para resistir las cargas solicitantes.

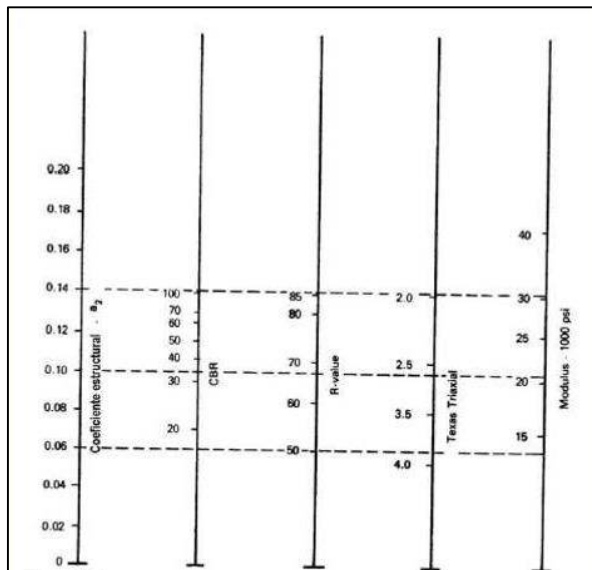
Carpeta asfáltica (a_1)

a_1 = 0,44; recomendado por el AASTHO Road Test para carpetas asfálticas.

a_1 = 0,08; para tratamientos superficiales

Capa base (a_2)

a_2 = con un determinado CBR se determina a_2 mediante nomograma.



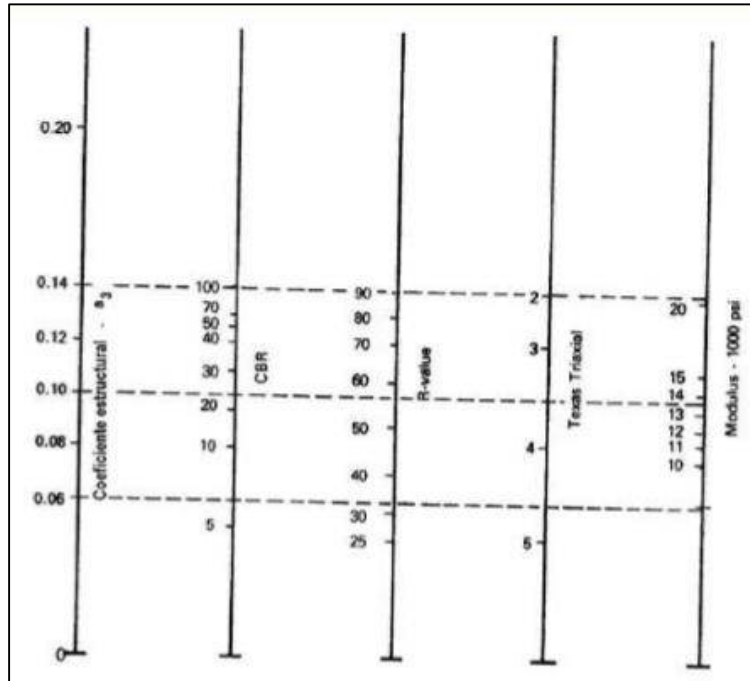
Nomograma para estimar el coeficiente estructural a_2 para una capa base granular.

Para la alternativa 1 se adoptó un CBR ideal de diseño que según normativa para una capa base debe ser de 80 %, obteniendo así un coeficiente a_2 de 0,13.

Para la alternativa 2 no se diseñó con capa base puesto que las condiciones de CBR del ripiado no cumple con normativa.

Capa subbase (a_3)

a_3 = con un determinado CBR se determina mediante nomograma.



Nomograma para estimar el coeficiente estructural a_3 para una capa subbase granular

Para la alternativa 1 se adoptó un CBR ideal de diseño que según normativa para una capa sub base debe ser de 30 %, obteniendo así un coeficiente a_2 de 0,11.

Para la alternativa 2 se adoptó el CBR mínimo de la evaluación del ripiado, que tiene condiciones de subbase según normativa, este valor es el 39 % al 95 % de la densidad máxima de compactación, obteniendo un valor de coeficiente estructural a_2 de 0.12.

Coefficiente de drenaje (m_i)

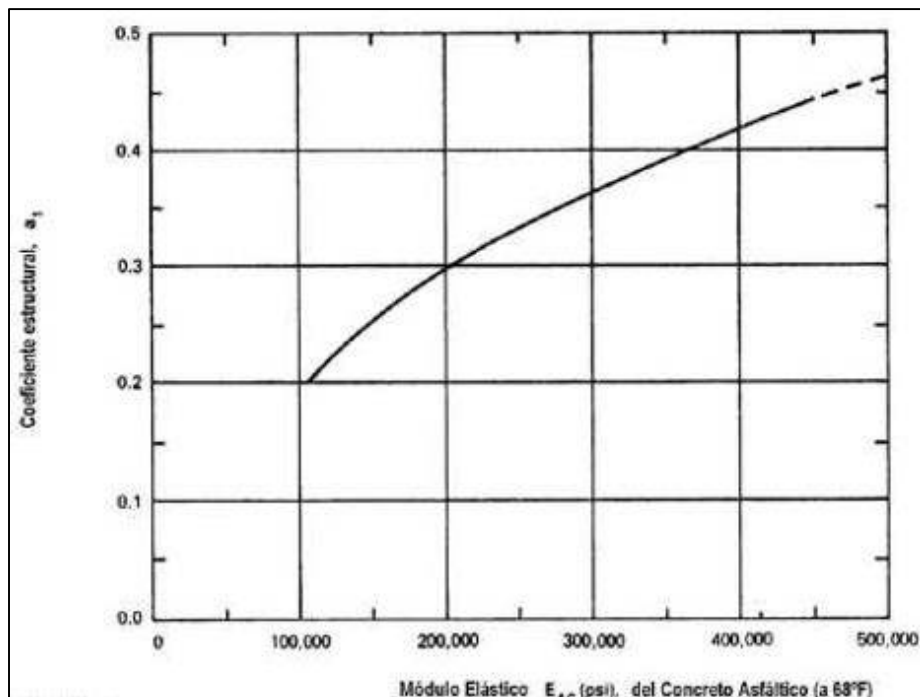
La calidad del drenaje es definida en función del tiempo exigido para la remoción del agua del pavimento. Para determinar este coeficiente se realizan ensayos de laboratorio a los materiales, sin embargo, al no contar con los ensayos requeridos en el proyecto, se adoptó un coeficiente de drenaje igual a 1, bueno a mediano, de acuerdo al siguiente cuadro.

CALIDAD DEL DRENAJE	% DE TIEMPO EN EL QUE EL PAVIMENTO ESTA EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD PRÓXIMOS A LA SATURACIÓN			
	MENOS DEL 1 %	1 – 5 %	5 – 25 %	MAS DEL 25 %
Excelente	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Bueno	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Mediano	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Malo	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Muy malo	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

Módulo de elasticidad (kpa)

Carpeta asfáltica

Para determinar el módulo de elasticidad se utiliza la siguiente carta, a partir del coeficiente estructural



Capa base

Para determinar el módulo de elasticidad se pueden utilizar los nomogramas antes vistos o la siguiente ecuación:

$$a_2 = 0,249(\log E_2) - 0,977$$

Capa subbase

La relación entre E₃ y a₃ es la siguiente:

$$a_3 = 0,227(\log E_3) - 0,839$$

4.5.3. Volumen de tráfico en el tramo Canaletas - Narváez

<i>Acceso</i>		<i>Ida</i>									
		<i>Cruce Entre Ríos – Canaletas</i>									
<i>Tiempo: 24 Horas De 7:00 pm a 7:00 pm</i>		<i>Jueves a viernes</i>	<i>Viernes a sábado</i>	<i>Sábado a domingo</i>	<i>Domingo a lunes</i>	<i>Lunes a martes</i>	<i>Martes a miércoles</i>	<i>Miércoles a jueves</i>	<i>Jueves a viernes</i>	<i>Viernes a sábado</i>	<i>Sábado a domingo</i>
Privado	Liviano	14	25	13	19	12	13	20			
	Mediano	3	6	5	6	4	5	4			
	Pesado	3	4	2	4	3	4	4			
Público	Liviano	7	11	7	9	7	9	6			
	Mediano	4	5	5	5	4	6	5			
	Pesado	7	7	6	5	3	4	4			
<i>Vuelta</i>											
Privado	Liviano	23	18	22	27	14	10	13			
	Mediano	3	4	5	5	4	6	4			
	Pesado	5	3	3	4	4	3	4			
Público	Liviano	7	8	9	13	8	8	7			
	Mediano	7	3	5	6	7	4	5			
	Pesado	4	5	4	3	3	4	4			
Total veh. Pesados		19	19	15	16	13	15	16	15	13	16
Total		87	99	86	106	73	76	80	76	73	80
Promedio veh. livianos		51 Veh/ día									
Promedio veh. medianos		19 Veh/ día									
Promedio veh. pesados		16 Veh/ día									
Promedio total		87 Veh/ día									

Proyección del tráfico

$$(FC)_i = \left[1 + \frac{(IC)_i}{100} \right]^{(N)}$$






Donde:

(FC)_i = Factor de crecimiento del vehículo tipo i.




(IC)_i = Índice de crecimiento del vehículo tipo i = 4,50

N= Número de años hasta el periodo de diseño (20 años)




Tráfico normal

AÑO	Nº	L I V I A N O S			MEDIANOS	PESADOS	TOTAL
							
2018	0	51			19	16	86
2019	1	53			20	17	90
2020	2	56			21	17	94
2021	3	58			22	18	98
2022	4	61			23	19	103
2023	5	64			24	20	108
2024	6	66			25	21	112
2025	7	69			26	22	117
2026	8	73			27	23	123
2027	9	76			28	24	128
2028	10	79			30	25	134
2029	11	83			31	26	140
2030	12	86			32	27	145
2031	13	90			34	28	152
2032	14	94			35	30	159
2033	15	99			37	31	167
2034	16	103			38	32	173
2035	17	108			40	34	182
2036	18	113			42	35	190
2037	19	118			44	37	199
2038	20	123			46	39	208






Tráfico generado

AÑO N°	L I V I A N O S			MEDIANOS	PESADOS	TOTAL
						
10% DEL TRÁFICO NORMAL						
2018 0	5			2	2	9
2019 1	5			2	2	9
2020 2	6			2	2	10
2021 3	6			2	2	10
2022 4	6			2	2	10
2023 5	6			2	2	10
2024 6	7			3	2	12
2025 7	7			3	2	12
2026 8	7			3	2	12
2027 9	8			3	2	13
2028 10	8			3	3	14
2029 11	8			3	3	14
2030 12	9			3	3	15
2031 13	9			3	3	15
2032 14	9			4	3	16
2033 15	10			4	3	17
2034 16	10			4	3	17
2035 17	11			4	3	18
2036 18	11			4	4	19
2037 19	12			4	4	20
2038 20	12			5	4	21

Tráfico inducido

AÑO N°	L I V I A N O S			MEDIANOS	PESADOS	TOTAL
						
15% DEL TRÁFICO NORMAL						
2018 0	8			3	2	13
2019 1	8			3	3	14
2020 2	8			3	3	14
2021 3	9			3	3	15
2022 4	9			3	3	15
2023 5	10			4	3	17
2024 6	10			4	3	17
2025 7	10			4	3	17
2026 8	11			4	3	18
2027 9	11			4	4	19
2028 10	12			5	4	21
2029 11	12			5	4	21
2030 12	13			5	4	22
2031 13	14			5	4	23
2032 14	14			5	5	24
2033 15	15			6	5	26
2034 16	15			6	5	26
2035 17	16			6	5	27
2036 18	17			6	5	28
2037 19	18			7	6	31
2038 20	18			7	6	31

Tráfico total

AÑO N°	L I V I A N O S			MEDIANOS 	PESADOS 	TOTAL
						
	NORMAL+GENERADO+INDUCIDO					
2018 0	64	24	20			108
2019 1	66	25	22			113
2020 2	70	26	22			118
2021 3	73	27	23			123
2022 4	76	28	24			128
2023 5	80	30	25			135
2024 6	83	32	26			141
2025 7	86	33	27			146
2026 8	91	34	28			153
2027 9	95	35	30			160
2028 10	99	38	32			169
2029 11	103	39	33			175
2030 12	108	40	34			182
2031 13	113	42	35			190
2032 14	117	44	38			199
2033 15	124	47	39			210
2034 16	128	48	40			216
2035 17	135	50	42			227
2036 18	141	52	44			237
2037 19	148	55	47			250

4.5.4. Determinación de ejes equivalentes acumulados ESALs (DIPAV 2.0)

EVALUACION DE CAMINOS DE TIERRA DE EAJO VOL. TRAFICO

Flexible | Módulo | **ESALs** | Diseño de Espesor de Capas | Gráfico

Cálculo del TPDA | **Cálculo de Factores Equivalentes Vehiculares (FC)**

Año	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS
2023	80	30	25
2024	83	32	26
2025	88	33	27
2026	91	34	28
2027	95	35	30
2028	99	38	32
2029	103	39	33
2030	108	40	34
2031	115	42	35
2032	117	44	38
2033	124	47	39
2034	128	48	40
2035	135	50	42
2036	141	52	44
2037	148	55	47

Número Estructura Asumido (pulgadas) Exportar Período de diseño

Porcentaje de Tráfico en el Camil de Diseño (ESALs)(%) Editar Tipos Nro. de Vehiculos

Número de Ejes Equivalentes ESALs Calcular <***** Ok

4.5.5. Cálculo de factores equivalentes vehiculares (FC)

EVALUACION DE CAMINOS DE TIERRA DE BAJO VOL. TRAFICO

Flexible | Módulo | **ESALs** | Diseño de Espesor de Capas | Gráfico

Cálculo del TPDA | **Cálculo de Factores Equivalentes Vehiculares (FC)**

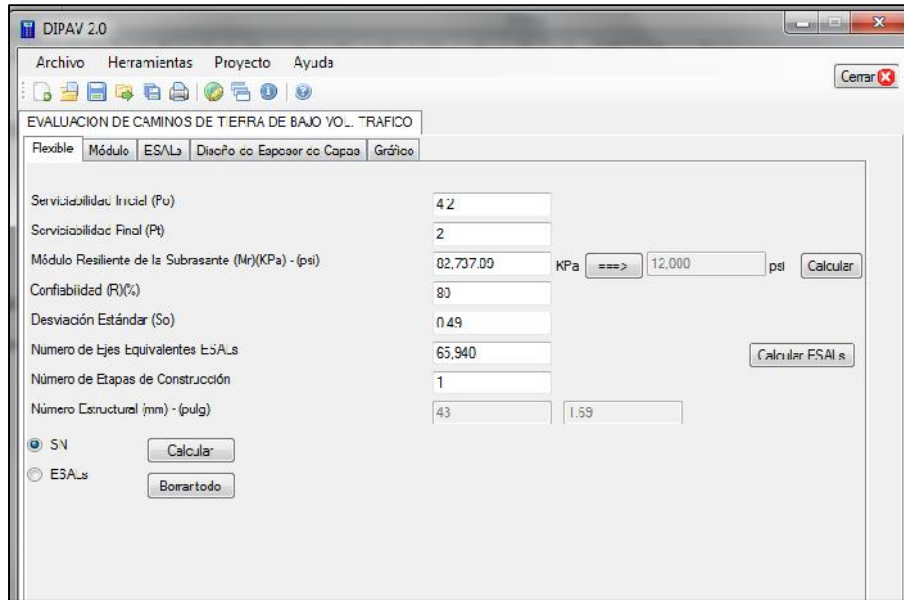
	LIVIANOS	MEDIANOS	PESADOS	TOTAL (50%)
Nomenclatura	Eje Delantero	1	1	1
	1er Eje Trasero	1	1	2
	2do Eje Trasero			
	3er Eje Trasero			
Carga por Eje (ton)	Eje Delantero	1	1	7
	1er Eje Trasero	1	3	10
	2do Eje Trasero			
	3er Eje Trasero			
Factor Camión	Eje Delantero	0.00031	0.00031	0.50702
	1er Eje Trasero	0.00031	0.01605	0.18838
	2do Eje Trasero			
	3er Eje Trasero			
Total Ejes Equivalentes		0.00062	0.01636	0.6734
Total Número de Vehículos		802815	225935	189800
ESAL's		374	3696	127811

Número Estructura Asumido (pulgadas) Exportar Período de diseño

Porcentaje de Tráfico en el Camil de Diseño (ESALs)(%) Editar Tipos Nro. de Vehiculos

Número de Ejes Equivalentes ESALs Calcular <***** Ok

4.5.6. Cálculo del número estructural SN (DIPAV 2.0)



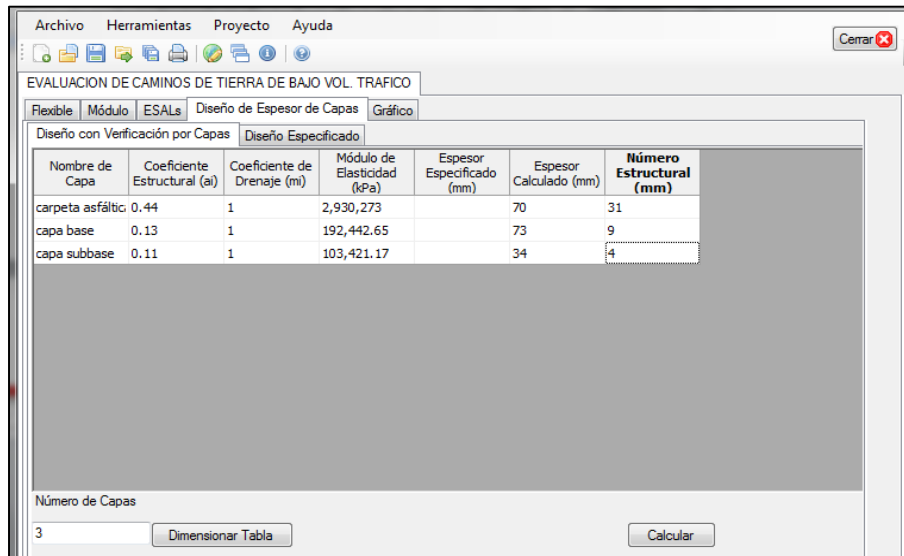
4.5.7. Cálculo y diseño de espesores a partir del programa DIPAV 2.0

4.5.7.1. Alternativa 1. Método no directo: Excavando el material hasta nivel subrasante

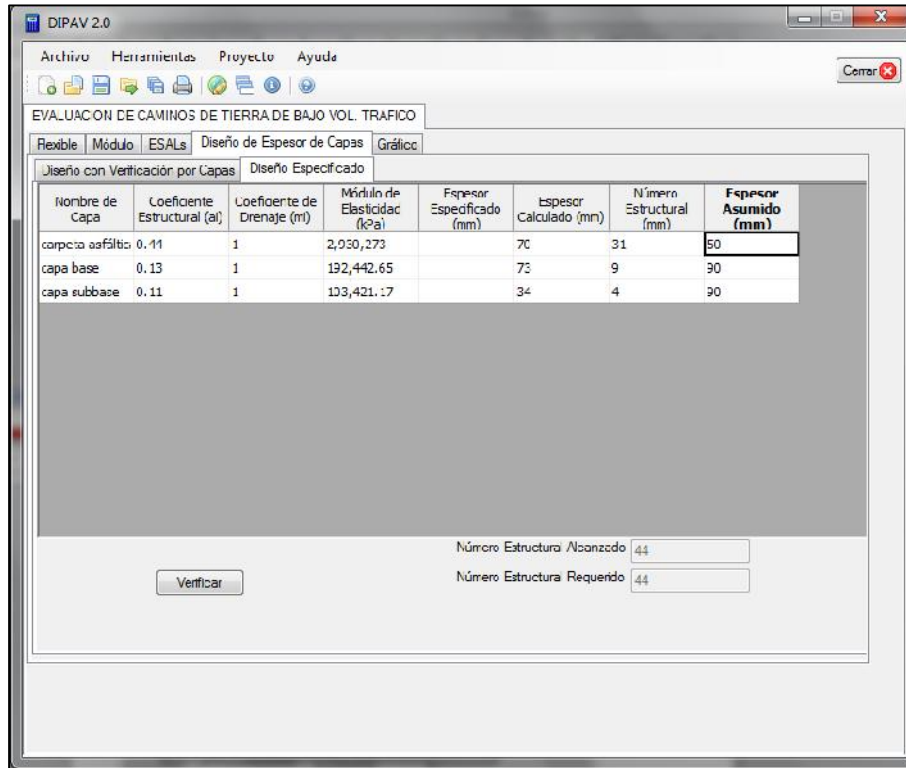
Con carpeta asfáltica:

Diseño con verificación por capas

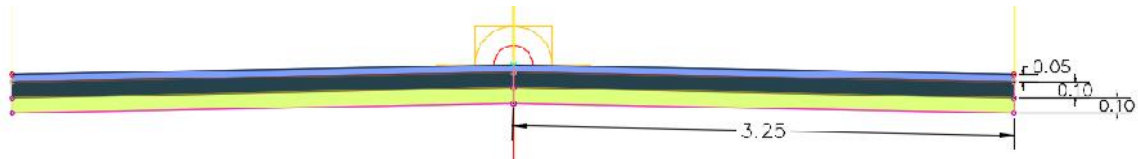
Nombre de capa	CBR (%)	ai
Carpeta asfáltica	-	0,44
Capa base	80	0,13
Capa subbase	30	0,11



Diseño especificado



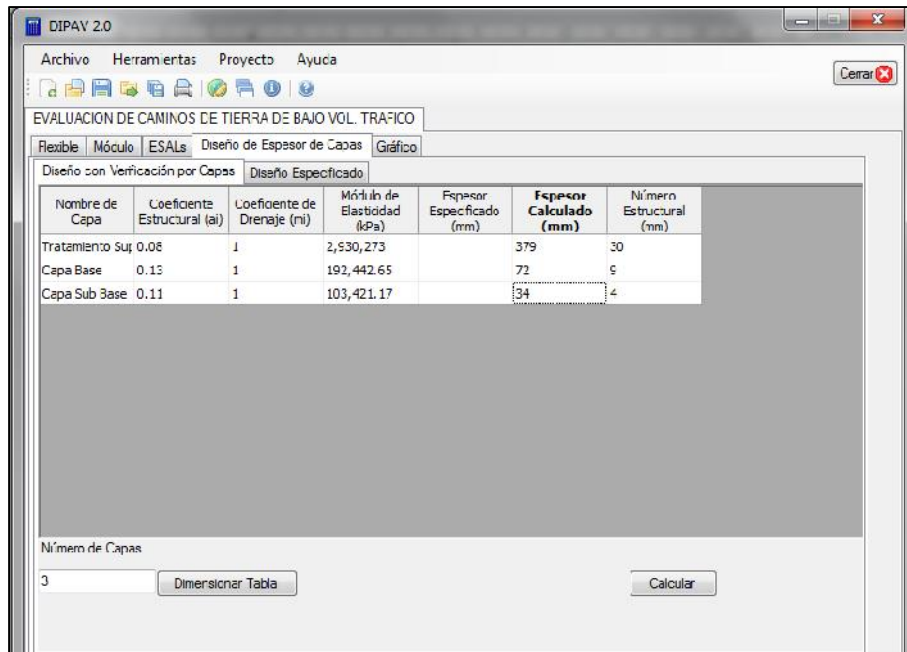
Se adopta un espesor de capa base y subbase de 10 cm por ser el espesor mínimo establecido por normativa. Por lo tanto, los espesores correspondientes para carpeta asfáltica con las condiciones ideales son:



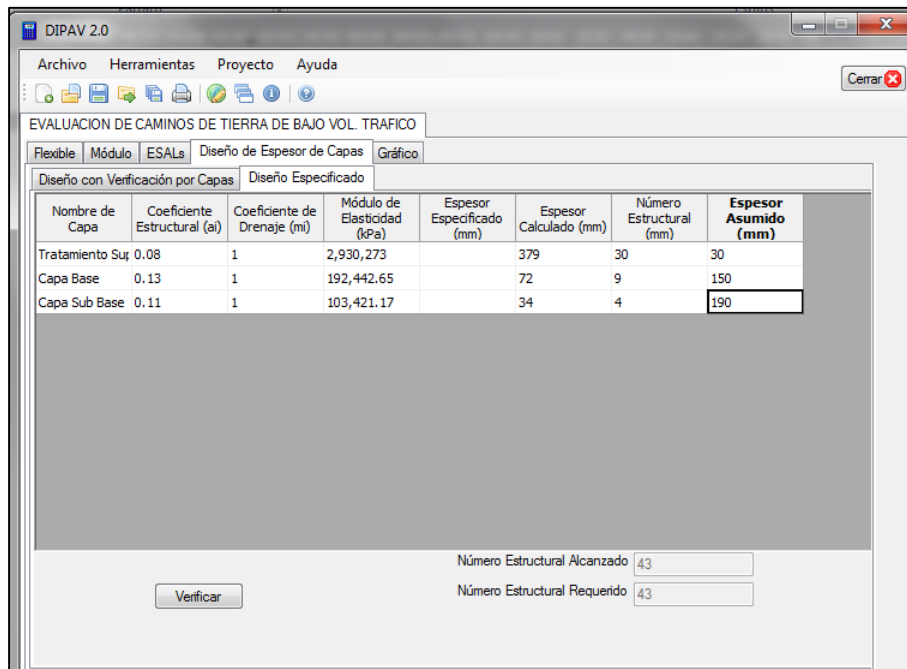
Con tratamiento superficial:

Diseño con verificación por capas

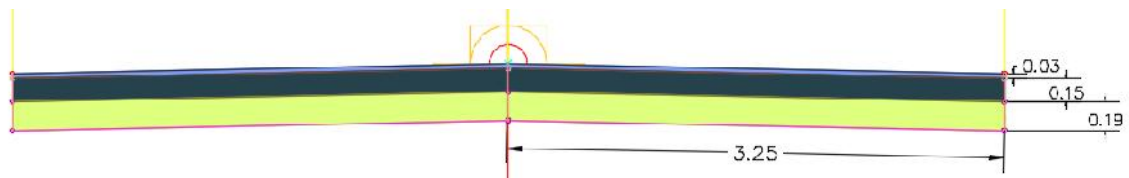
Nombre de capa	CBR (%)	ai
Tratamiento superficial	-	0,08
Capa base	80	0,13
Capa subbase	30	0,11



Diseño especificado



Los espesores correspondientes para un tratamiento superficial con las condiciones ideales son:

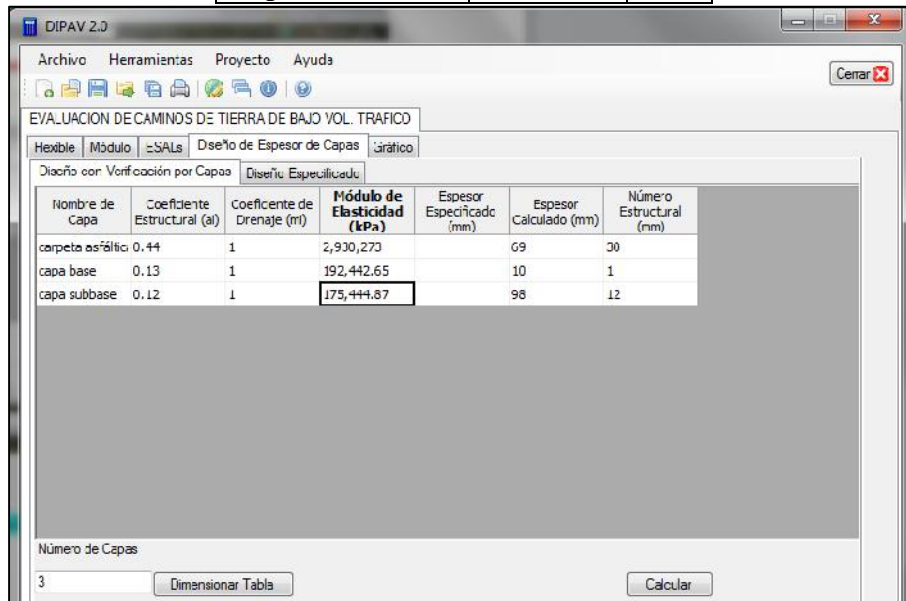


**4.5.7.2. Alternativa 2. Método directo: Manteniendo el ripiado como capa sub base
Con carpeta asfáltica:**

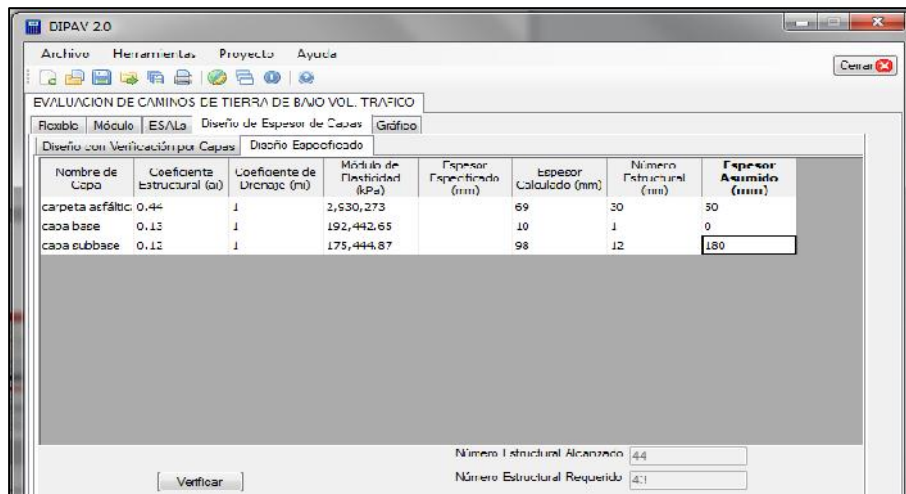
Diseño con verificación por capas

Teniendo en cuenta los CBR´s del ripiado del tramo Canaletas – Narváez calculados para cada kilómetro, se vio por escoger el menor CBR para calcular y diseñar todo el tramo, es así que se escogió un CBR de 39 % que tendría propiedades de una capa subbase, es por ello que esta alternativa se trabaja el ripiado a nivel de subbase.

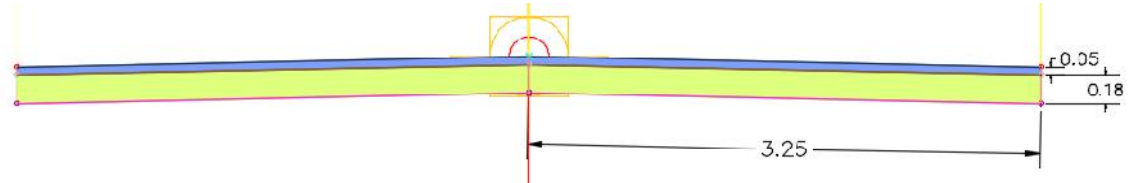
Nombre de capa	CBR (%)	ai
Carpeta asfáltica	-	0,44
Capa base	80	0,13
Capa subbase	39	0,12



Diseño especificado



Los espesores correspondientes para carpeta asfáltica considerando el ripiado como capa subbase son:



Con tratamiento superficial:

Diseño con verificación por capas

Nombre de capa	CBR (%)	ai
Tratamiento superficial	-	0,08
Capa subbase	39	0,12

DIPAV 2.0

Archivo Herramientas Proyecto Ayuda

EVALUACION DE CAMINOS DE TIERRA DE BAJO VOL. TRAFICO

Flexible Módulo ESALs Diseño de Espesor de Capas Gráfico

Diseño con Verificación por Capas Diseño Especificado

Nombre de Capa	Coefficiente Estructural (ai)	Coefficiente de Drenaje (mi)	Módulo de Elasticidad (kPa)	Espesor Especificado (mm)	Espesor Calculado (mm)	Número Estructural (mm)
Tratamiento Sur, 0.08	0.08	1	2,930,273		395	32
Capa Sub Base	0.12	1	175,444.87		98	12

Número de Capas

2

Diseño especificado

DIPAV 2.0

Archivo Herramientas Proyecto Ayuda

EVALUACION DE CAMINOS DE TIERRA DE BAJO VOL. TRAFICO

Flexible Módulo ESALs Diseño de Espesor de Capas Gráfico

Diseño con Verificación por Capas Diseño Especificado

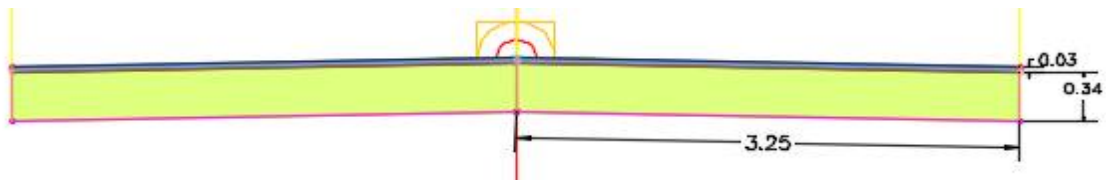
Nombre de Capa	Coefficiente Estructural (ai)	Coefficiente de Drenaje (mi)	Módulo de Elasticidad (kPa)	Espesor Especificado (mm)	Espesor Calculado (mm)	Número Estructural (mm)	Espesor Asumido (mm)
Tratamiento Sur, 0.08	1	1	2,930,273		395	32	30
Capa Sub Base 0.12	1	1	175,444.87		98	12	340

Número Estructural Alcanzado

Número Estructural Requerido

Verificar

Los espesores correspondientes para esta alternativa son los siguientes:



Como el espesor mínimo del ripiado del tramo Canaletas – Narvéez es de 20 cm, para un tratamiento directo no cumple el valor del numero estructural, teniendo que aumentar 14 cm más de ripiado para posteriormente colocar un tratamiento superficial.

4.6. DISEÑO DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

4.6.1. Ensayos de caracterización del cemento asfáltico

Ensayo	Valor promedio
Punto de inflamación copa abierta de Cleveland (° C)	295,00
Punto de encendido copa abierta de Cleveland (° C)	310,00
Penetración a 25 ° C, 100 g, 5 s.	91,00
Viscosidad Saybolt Furol (SSF)	243,00
Ductilidad a 25 ° C, 5 cm por min, (cm)	102,33
Peso específico (gr/cm ³)	1,02

4.6.2. Ensayos de caracterización de los agregados pétreos para tratamientos superficiales

4.6.2.1. Granulometría

Granulometría de agregado 3/8" - N° 8 (Gravilla) para tratamiento

Tamiz	% que pasa total	Especificaciones
1 / 2	100,00	100
3 / 8	69,40	85 – 100
N° 4	11,10	10 – 30
N° 8	1,10	0 – 10
N° 200	0,20	0 – 2

Granulometría de agregado N° 4 - N° 200 (Arena) para tratamientos

TAMIZ	% que Pasa total	Especificaciones
3 / 8	100,00	100 - 100
N° 4	98,50	85 - 100
N° 8	90,40	80 - 95
N° 16	83,80	70 - 89
N° 30	72,30	55 - 80
N° 50	32,00	30 - 60
N° 100	10,80	10 - 35
N° 200	1,10	4 - 14

4.6.2.2. Equivalente de arena

N° Ensayo	EA (%)
1	68,52
2	70,37
Promedio	69,45

4.6.2.3. Ensayo de resistencia a los sulfatos – durabilidad

Método sulfato de sodio

Agregado grueso (Gravilla)

Tamiz N°	% de perdida
3/8"	0,02
N° 4	0,06
N° 8	1,00

Agregado fino (Arena)

Tamiz N°	% de perdida
N° 8	0,00
N° 16	0,10

4.6.2.4. Peso específico

Agregado fino

“G” Peso específico aparente (gr/cm ³)	2,728
“Gb” Peso específico Bulk (gr/cm ³)	2,630
“Gbs” Peso específico Bulk S.S.S (gr/cm ³)	2,666
Absorción (%)	1,36

Agregado grueso

“G” Peso específico aparente (gr/cm ³)	2,658
“Gb” Peso específico bulk (gr/cm ³)	2,589
“Gbs” Peso específico bulk S.S.S (gr/cm ³)	2,615
Absorción (%)	1,01

4.6.2.5. Peso unitario de los agregados

Descripción	Unidad	Gravilla		Arena	
		Gravilla suelta	Gravilla varillada	Arena suelta	Arena varillada
Tamaño Máx. en plg. o N.º Tamiz	Plg.	3/8"	3/8"	Mezcla Arenas	Mezcla Arenas
Peso Unitario Seco (l/m)	gr/cm ³	1,614	1,726	1,632	1,792
Promedio	gr/cm³	1,670		1,712	

4.6.3. Riego MC – 30

4.6.3.1. Ensayo de destilación

Preparación de la muestra

Para 500 ml.

$$52\% \text{ de asfalto} \quad 500 * 0.52 = 260 \text{ ml}$$

$$48\% \text{ de kerosene} \quad 500 * 0.48 = 240 \text{ ml}$$

Para el ensayo de destilación se utilizó solamente 200 ml de la muestra en donde en el proceso quedo un total de solvente:

$$DT = 95 \text{ ml}$$

A una temperatura de 262° C.

Porcentaje de residuo asfáltico

$$R = \left[\frac{200 - DT}{200} \right] * 100$$

$$R = \left[\frac{200 - 95}{200} \right] * 100$$

$$R = 52,50\%$$

Donde

R = Contenido de residuo (% en volumen)

DT= Destilado total recuperado (ml)

Porcentaje de destilado total

$$DT\% = \left(\frac{DT}{200} \right) * 100$$

$$DT\% = \left(\frac{95}{200} \right) * 100$$

$$DT\% = 47,50$$

4.6.4. Aplicación y diseño de tratamientos superficiales simple y doble

4.6.4.1. Elaboración de briquetas

Determinación de la humedad natural

Densidad máxima= 2,057 gr/cm³ % Humedad óptima= 8,07 %

Peso del suelo húmedo= 5000 gr.

Peso de la tara (gr.) = 14,60

Psh + plato (gr.) = 87,10

Pss + plato (gr.) = 86,00

Pa (gr.) = 1,10

Pss (gr.) = 71,40

% H. natural= 1,54 %

El agua real se calcula

$$\% \text{ Agua real} = \% H \text{ opt.} - \% H \text{ nat.} + 0.3 \%$$

$$\% \text{ agua real} = 6,83$$

El peso total seco resulta de

$$P_{SS} = \frac{P_{sh} * 100}{\% H \text{ nat.} + 100}$$

$$P_{SS} = 4924,17 \text{ gr.}$$

Con estos resultados obtenemos el agua necesaria para una humedad óptima

$$\text{Agua C.B.R.} = \frac{P_{SS} * \% \text{ Agua real}}{100}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 336,32 \text{ ml.}$$

$$\text{Agua C.B.R.} = 337 \text{ ml.}$$

4.6.4.2. Tratamiento superficial simple

Área de la briqueta

Diámetro promedio = 10,2 cm $A = \frac{\pi}{4} * D^2$

$$A = 81,71 \text{ cm}^2 = 0,0082 \text{ m}^2$$

Riego de imprimación

Tipo de riego= MC-30

Dosificación 52 % asfalto

48 % Kerosene

Litros de riego por m² 1,0 – 2,0 lt/m² Adoptar= 1,20 lt/m²

Para la briqueta

$$X = \frac{0,0082 \text{ m}^2 * 1,20 \text{ lt}}{1 \text{ m}^2}$$

$$X = 0,00984 \text{ lt} = 9,84 \text{ ml/briqueta}$$

Dosificación de áridos y aglomerantes para tratamientos superficiales simples

Por especificaciones para tratamiento superficial simple con arena se utiliza la siguiente dosificación

Litros de riego asfáltico por m² 0,5 – 0,7 Adoptar= 0,60 lt/m²

Para la briqueta

$$X = \frac{0,0082 \text{ m}^2 * 0,60 \text{ lt}}{1 \text{ m}^2}$$

$$X = 0,00492 \text{ lt} = 4,92 \text{ ml/briqueta}$$

Kilos de árido por m² - Arenas

(Tamiz N° 4 a N° 200) 5 – 8 Adoptar= 6,00 kg/m²

Para la briqueta

$$X = \frac{0,0082 \text{ m}^2 * 6,00 \text{ kg}}{1 \text{ m}^2}$$

$$X = 0,0492 \text{ kg} = 49,50 \text{ gr/briqueta}$$

4.6.4.3. Tratamiento superficial doble

Área de la briqueta

Diámetro promedio = 10,2 cm $A = \frac{\pi}{4} * D^2$

$$A = 81,71 \text{ cm}^2 = 0,0082 \text{ m}^2$$

Riego de imprimación

Tipo de riego= MC-30

Dosificación 52 % asfalto

48 % Kerosene

Litros de riego por m² 1,0 – 2,0 lt/m² Adoptar= 1,20 lt/m²

Para la briqueta

$$X = \frac{0,0082 \text{ m}^2 * 1,20 \text{ lt}}{1 \text{ m}^2}$$

$$X = 0,00984 \text{ lt} = 9,84 \text{ ml/briqueta}$$

Dosificación de áridos y aglomerantes para tratamientos superficiales dobles

Por especificaciones para tratamiento superficial doble con arena se utiliza la siguiente dosificación

Capa 1

Litros de riego asfáltico por m² 1,0-1,4 Adoptar= 1,20 lt/m²

Para la briqueta

$$X = \frac{0,0082 \text{ m}^2 * 1,20 \text{ lt}}{1 \text{ m}^2}$$

$$X = 0,00984 \text{ lt} = 9,84 \text{ ml/briqueta}$$

Kilos de árido por m² - Gravilla

(tamiz ¾" a N° 8) 16 - 24 Adoptar= 16,00 kg/m²

Para la briqueta

$$X = \frac{0,0082 \text{ m}^2 * 16,00 \text{ kg}}{1 \text{ m}^2}$$

$$X = 0,1312 \text{ kg} = 131,20 \text{ gr/briqueta}$$

Capa 2

Litros de riego asfáltico por m² 1,0-1,4 Adoptar= 1,20 lt/m²

Para la briqueta

$$X = \frac{0,0082 \text{ m}^2 * 1,20 \text{ lt}}{1 \text{ m}^2}$$

$$X = 0,00984 \text{ lt} = 9,84 \text{ ml/briqueta}$$

Kilos de árido por m² - Arenas

(tamiz N° 4 a N° 200) 5 – 8 Adoptar= 7,00 kg/m²

Para la briqueta

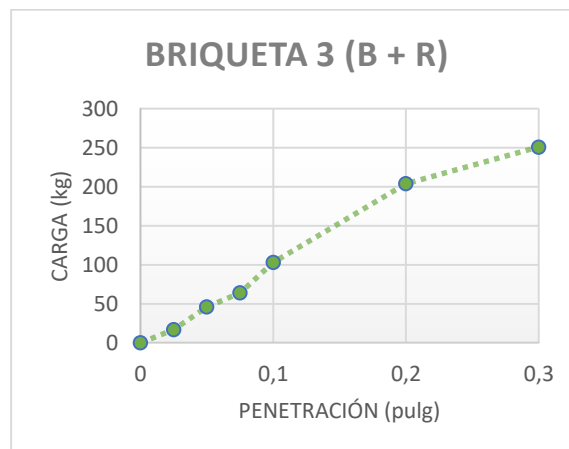
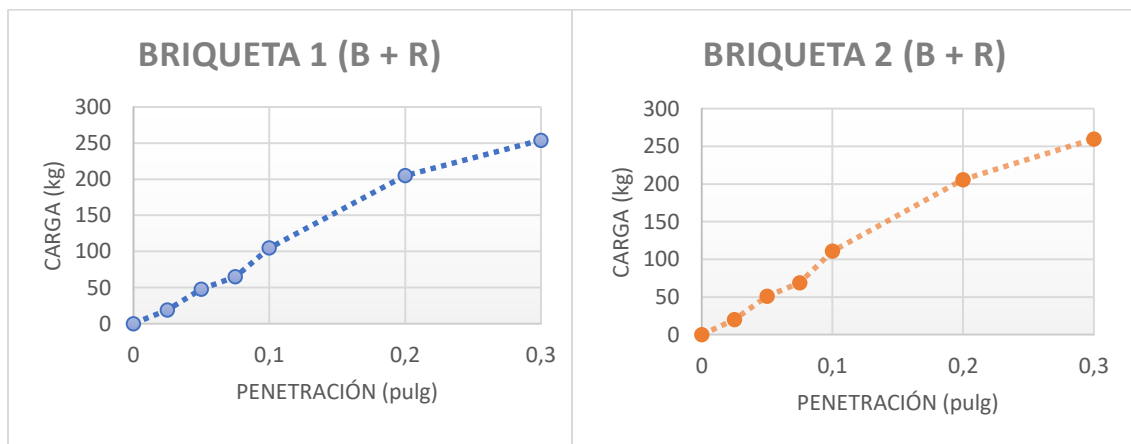
$$X = \frac{0,0082 \text{ m}^2 * 7,00 \text{ kg}}{1 \text{ m}^2}$$

$$X = 0,0574 \text{ kg} = 57,40 \text{ gr/briqueta}$$

4.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO CURVA CARGA- PENETRACIÓN

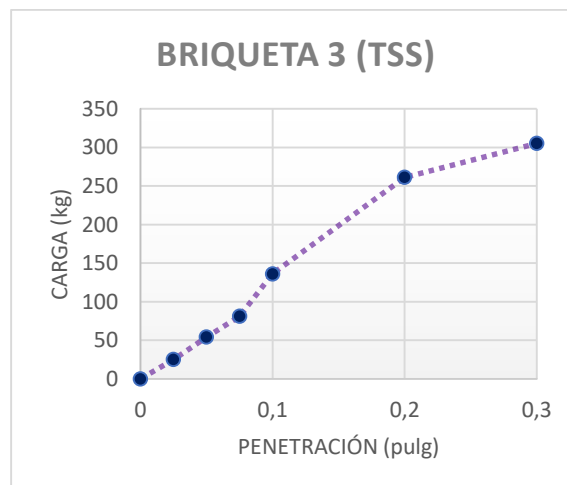
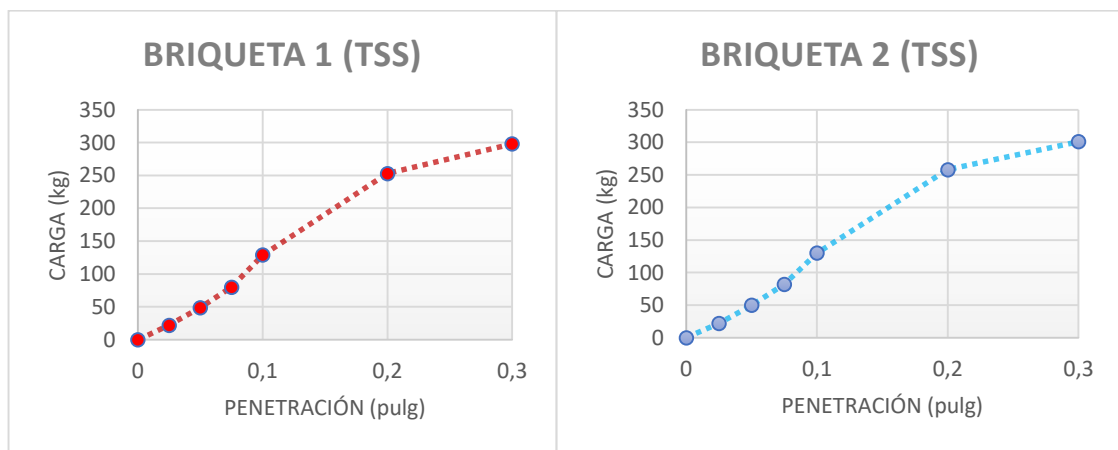
4.7.1. Análisis de carga para las briquetas conformadas de base y riego

Penetración		Carga Normal Kg	Base + riego			\bar{X}	σ	σ^2	C.V.
Plg.	mm		Carga ensayo						
			B1 (Kg)	B2 (Kg)	B3 (Kg)				
0	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
0,025	0,63		19,00	20,00	17,00	18,70	1,53	2,30	0,082
0,05	1,27		48,00	51,00	46,00	48,30	2,52	6,30	0,052
0,075	1,90		65,00	69,00	64,00	66,00	2,65	7,00	0,040
0,1	2,54	1360	105,00	111,00	103,00	106,30	4,16	17,30	0,039
0,2	5,08	2040	205,00	206,00	204,00	205,00	1,00	1,00	0,005
0,3	7,62		254,00	260,00	251,00	255,00	4,58	21,00	0,018



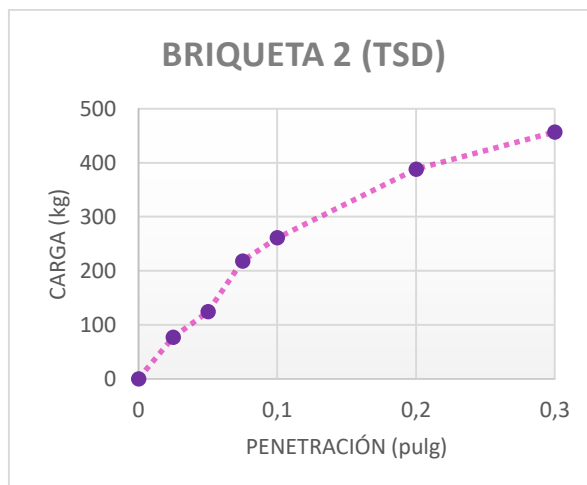
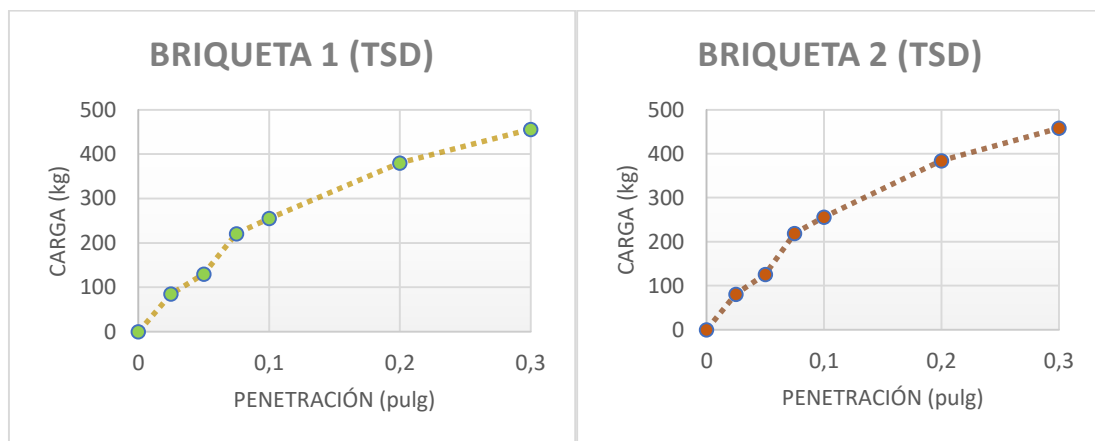
4.7.2. Análisis de carga para las briquetas conformadas de tratamiento superficial simple

Penetración		Carga Normal	Tratamiento superficial simple			\bar{X}	σ	σ^2	C.V.
			Carga ensayo						
Plg.	mm	Kg	B1 (Kg)	B2 (Kg)	B3 (Kg)				
0	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
0,025	0,63		22,00	22,00	25,00	23,00	1,73	3,00	0,075
0,05	1,27		49,00	50,00	54,00	51,00	2,65	7,00	0,052
0,075	1,90		80,00	82,00	81,00	81,00	1,00	1,00	0,012
0,1	2,54	1360	129,00	130,00	136,00	131,70	3,79	14,30	0,029
0,2	5,08	2040	253,00	258,00	261,00	257,30	4,04	16,30	0,016
0,3	7,62		298,00	301,00	305,00	301,30	3,51	12,30	0,012

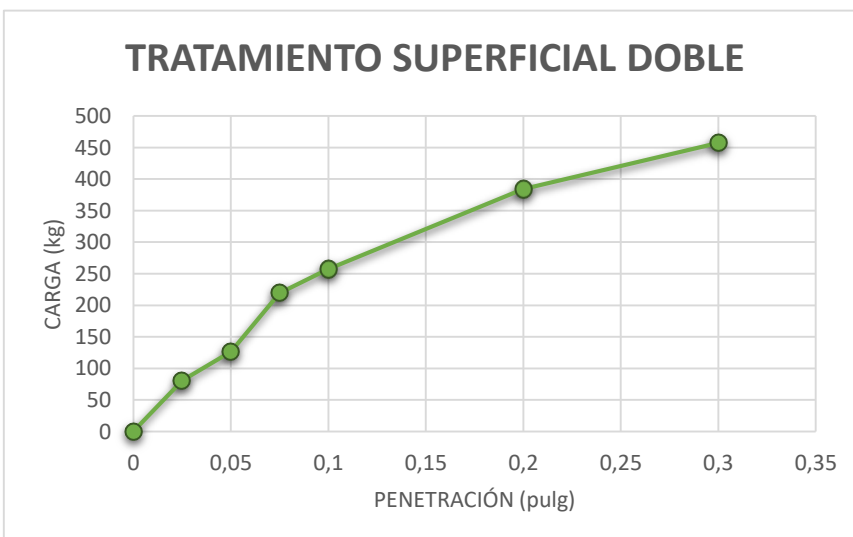
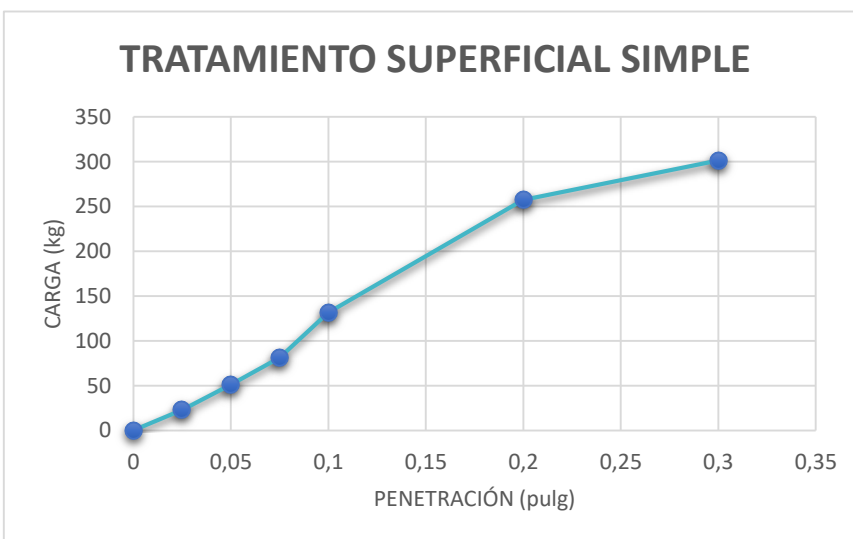
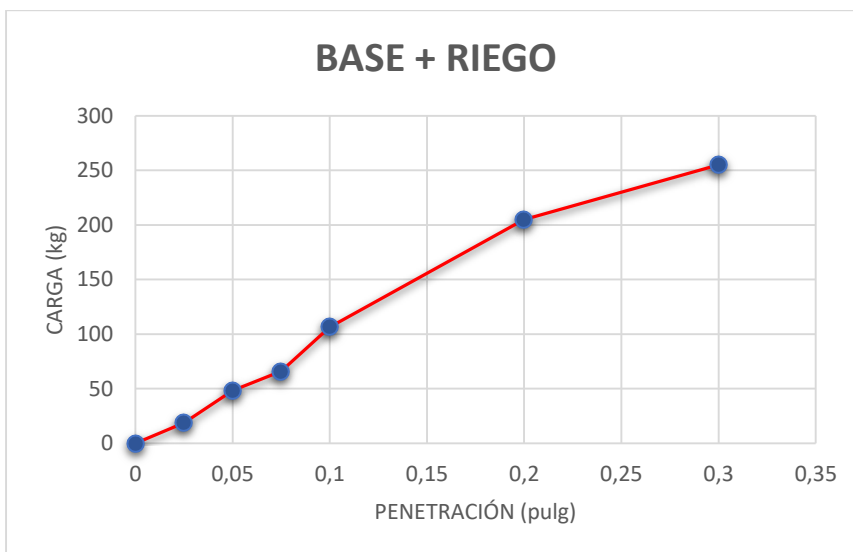


4.7.3. Análisis de carga para las briquetas conformadas de tratamiento superficial doble

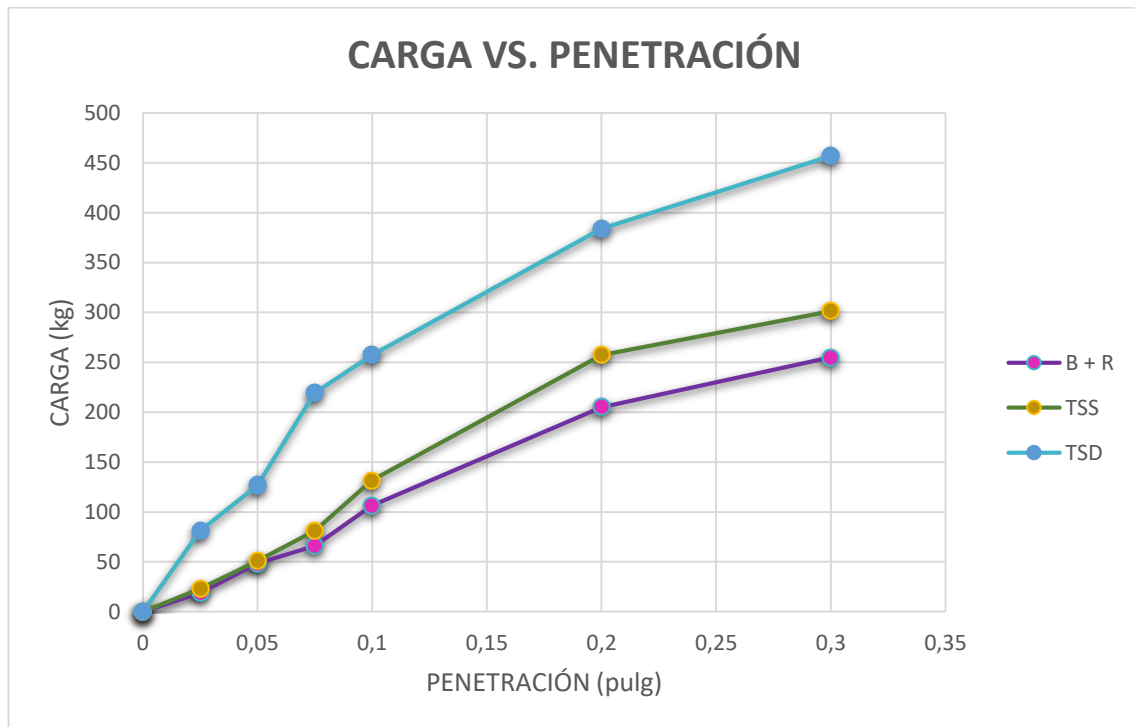
Penetración		Carga Normal	Tratamiento superficial doble			\bar{X}	σ	σ^2	C.V.
			Carga ensayo						
Plg.	mm	Kg	B1 (Kg)	B2 (Kg)	B3 (Kg)				
0	0		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
0,025	0,63		85,00	81,00	77,00	81,00	4,00	16,00	0,049
0,05	1,27		130,00	126,00	124,00	126,70	3,06	9,30	0,024
0,075	1,90		221,00	219,00	218,00	219,30	1,53	2,30	0,007
0,1	2,54	1360	255,00	256,00	261,00	257,30	3,21	10,30	0,012
0,2	5,08	2040	380,00	384,00	388,00	384,00	4,00	16,00	0,010
0,3	7,62		456,00	458,00	457,00	457,00	1,00	1,00	0,002



4.7.4. Gráfica promedio “carga – penetración”



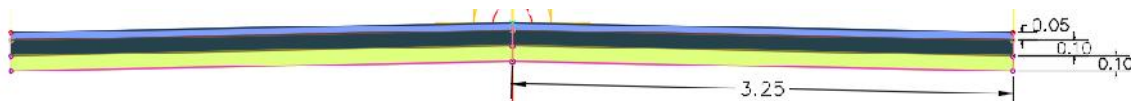
4.7.5. Comparación del efecto de las cargas en los tratamientos superficiales



4.8. VALORACIÓN DE COSTOS

4.8.1. Alternativa 1- Excavando material a nivel de la subrasante.

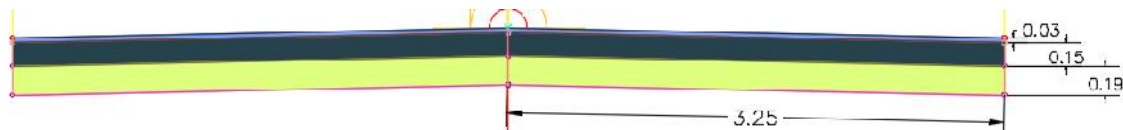
4.8.1.1. Con carpeta asfáltica



PRESUPUESTO GENERAL ALTERNATIVA 1 - CON CARPETA ASFÁLTICA

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Numeral)	Precio Total (Numeral)
1.	MÓDULO 1: OBRAS PRELIMINARES				
1.1.	PROV. Y COLOCACIÓN DE LETREROS DE OBRA	PZA	1,00	4.567,07	4.567,07
1.2.	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN	GLB	1,00	92.416,11	92.416,11
1.3.	INSTALACIÓN DE FAENAS	GLB	1,00	100.090,70	100.090,70
	SUBTOTAL OBRAS PRELIMINARES				197.073,88
2.	MÓDULO 2: MOVIMIENTO DE TIERRAS				
2.1.	EXCAVACIÓN A NIVEL SUBRASANTE ESPESOR= 25 CM	M3	22.921,50	13,40	307.148,10
2.2.	SOBRE ACARREO DEL MATERIAL EXCAVADO	M3/KM	19.421,50	1,84	35.735,56
	SUBTOTAL MOVIMIENTO DE TIERRAS				342.883,66
3.	MÓDULO 3: PAVIMENTACIÓN				
3.1.	SUB BASE DE MATERIAL GRANULAR ESPESOR = 10 CM	M3	9.168,60	160,83	1.474.585,94
3.2.	TRANSPORTE DE SUB BASE	M3/KM	9.168,60	1,84	16.870,22
3.3.	BASE DE MATERIAL GRANULAR ESPESOR = 10 CM	M3	9.168,60	174,68	1.601.571,05
3.4.	TRANSPORTE DE CAPA BASE	M3/KM	9.168,60	1,84	16.870,22
3.5.	IMPRIMACIÓN DE CAPA BASE	M2	85.137,00	11,43	973.115,91
3.6.	CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO (SUM. EJEC Y TRANP.) E = 5 CM	M3	4.256,85	2.441,71	10.393.993,21
	SUBTOTAL PAVIMENTACIÓN				14.477.006,56
4.	MÓDULO 4: OBRAS DE DRENAJE				
4.1.	CONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN DE CUNETAS REVESTIDAS	ML	3.110,78	998,58	3.106.362,69
	SUBTOTAL OBRAS DE DRENAJE				3.106.362,69
5.	MÓDULO 5: SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				
5.1.	MOJÓN KILOMÉTRICO H°A° PREFABRICADO CLASE "A"	PZA	26,00	334,48	8.696,48
5.2.	SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA TIPO SP	PZA	38,00	712,09	27.059,42
5.3.	SEÑAL VERTICAL RESTRICTIVA TIPO SR	PZA	38,00	679,43	25.818,34
5.4.	SEÑAL VERTICAL DE INFORMACIÓN 0.40X1.80 PROV. Y COLC	PZA	1,00	2.191,76	2.191,76
5.5.	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL DE TRAFICO	ML	46.234,28	6,44	297.748,76
5.6.	SEÑALIZACIÓN REFLECTANTE BIDIRECCIONAL (OJOS DE GATO)	PZA	6.549,00	34,69	227.184,81
5.7.	BARANDA METÁLICA FLEX BEAM	ML	280,00	512,90	143.612,00
	SUBTOTAL SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				732.311,57
6.	MÓDULO 6: OBRAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL				
6.1.	RESTAURACIÓN DE BANCOS DE PRÉSTAMO Y PATIOS DE ACOPIOS	HA	2,62	1.454,17	3.809,34
	SUBTOTAL MEDIDAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL				3.809,34
	COSTO TOTAL DEL PROYECTO				18.859.447,71

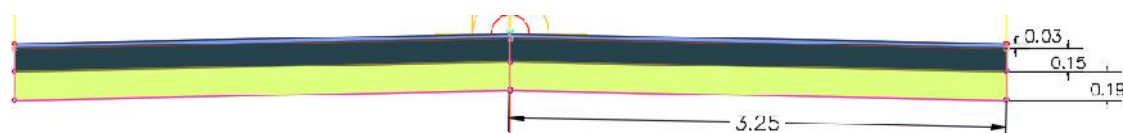
4.8.1.2. Con tratamiento superficial doble TSD



PRESUPUESTO GENERAL ALTERNATIVA 1 - CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Numeral)	Precio Total (Numeral)
1.	MÓDULO 1: OBRAS PRELIMINARES				
1.1.	PROV. Y COLOCACIÓN DE LETREROS DE OBRA	PZA	1,00	4.567,07	4.567,07
1.2.	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN	GLB	1,00	92.416,11	92.416,11
1.3.	INSTALACIÓN DE FAENAS	GLB	1,00	100.090,70	100.090,70
	SUBTOTAL OBRAS PRELIMINARES				197.073,88
2.	MÓDULO 2: MOVIMIENTO DE TIERRAS				
2.1.	EXCAVACIÓN A NIVEL SUBRASANTE ESPESOR= 34 CM	M3	31.173,24	13,40	417.721,42
2.2.	SOBRE ACARREO DEL MATERIAL EXCAVADO	M3/KM	26.413,24	1,84	48.600,36
	SUBTOTAL MOVIMIENTO DE TIERRAS				466.321,78
3.	MÓDULO 3: PAVIMENTACIÓN TSD				
3.1.	SUB BASE DE MATERIAL GRANULAR ESPESOR = 19 CM	M3	17.420,34	160,83	2.801.713,28
3.2.	TRANSPORTE DE SUB BASE	M3/KM	17.420,34	1,84	32.053,43
3.3.	BASE DE MATERIAL GRANULAR ESPESOR = 15 CM	M3	13.752,90	174,68	2.402.356,57
3.4.	TRANSPORTE DE CAPA BASE	M3/KM	13.752,90	1,84	25.305,34
3.5.	IMPRIMACIÓN DE CAPA BASE	M2	85.137,00	7,86	669.176,82
3.6.	TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE	M2	85.137,00	23,09	1.965.813,33
	SUBTOTAL PAVIMENTACIÓN				7.896.418,77
4.	MÓDULO 4: OBRAS DE DRENAJE				
4.1.	CONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN DE CUNETAS REVESTIDAS	ML	3.110,78	998,58	3.106.362,69
	SUBTOTAL OBRAS DE DRENAJE				3.106.362,69
5.	MÓDULO 5: SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				
5.1.	MOJÓN KILOMÉTRICO H°A° PREFABRICADO CLASE "A"	PZA	26,00	334,48	8.696,48
5.2.	SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA TIPO SP	PZA	38,00	712,09	27.059,42
5.3.	SEÑAL VERTICAL RESTRICTIVA TIPO SR	PZA	38,00	679,43	25.818,34
5.4.	SEÑAL VERTICAL DE INFORMACIÓN 0.40X1.80 PROV. Y COLC	PZA	1,00	2.191,76	2.191,76
5.5.	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL DE TRAFICO	ML	46.234,28	6,44	297.748,76
5.6.	SEÑALIZACIÓN REFLECTANTE BIDIRECCIONAL (OJOS DE GATO)	PZA	6.549,00	34,69	227.184,81
5.7.	BARANDA METÁLICA FLEX BEAM	ML	280,00	512,90	143.612,00
	SUBTOTAL SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				732.311,57
6.	MÓDULO 6: OBRAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL				
6.1.	RESTAURACIÓN DE BANCOS DE PRÉSTAMO Y PATIOS DE ACOPIOS	HA	2,62	1.454,17	3.809,34
	SUBTOTAL MEDIDAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL				3.809,34
	COSTO TOTAL DEL PROYECTO				12.402.298,03

4.8.1.3. Con tratamiento superficial simple TSS

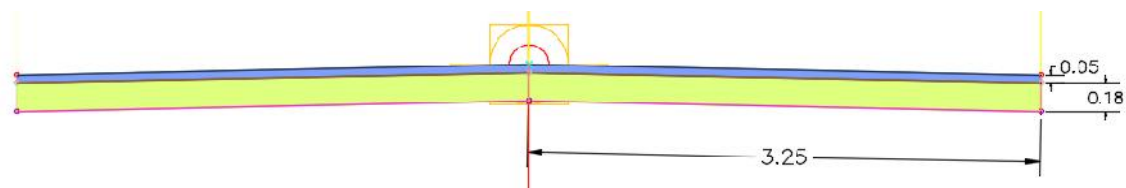


PRESUPUESTO GENERAL ALTERNATIVA 1 - CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Numeral)	Precio Total (Numeral)
1.	MÓDULO 1: OBRAS PRELIMINARES				
1.1.	PROV. Y COLOCACIÓN DE LETREROS DE OBRA	PZA	1,00	4.567,07	4.567,07
1.2.	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN	GLB	1,00	92.416,11	92.416,11
1.3.	INSTALACIÓN DE FAENAS	GLB	1,00	100.090,70	100.090,70
	SUBTOTAL OBRAS PRELIMINARES				197.073,88
2.	MÓDULO 2: MOVIMIENTO DE TIERRAS				
2.1.	EXCAVACIÓN A NIVEL SUBRASANTE ESPESOR= 34 CM	M3	31.173,24	13,40	417.721,42
2.2.	SOBRE ACARREO DEL MATERIAL EXCAVADO	M3/KM	26.413,24	1,84	48.600,36
	SUBTOTAL MOVIMIENTO DE TIERRAS				466.321,78
3.	MÓDULO 3: PAVIMENTACIÓN TSS				
3.1.	SUB BASE DE MATERIAL GRANULAR ESPESOR = 19 CM	M3	17.420,34	160,83	2.801.713,28
3.2.	TRANSPORTE DE SUB BASE	M3/KM	17.420,34	1,84	32.053,43
3.3.	BASE DE MATERIAL GRANULAR ESPESOR = 15 CM	M3	13.752,90	174,68	2.402.356,57
3.4.	TRANSPORTE DE CAPA BASE	M3/KM	13.752,90	1,84	25.305,34
3.5.	IMPRIMACIÓN DE CAPA BASE	M2	85.137,00	7,86	669.176,82
3.6.	TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE	M2	85.137,00	10,69	910.114,53
	SUBTOTAL PAVIMENTACIÓN				6.840.719,97
4.	MÓDULO 4: OBRAS DE DRENAJE				
4.1.	CONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN DE CUNETAS REVESTIDAS	ML	3.110,78	998,58	3.106.362,69
	SUBTOTAL OBRAS DE DRENAJE				3.106.362,69
5.	MÓDULO 5: SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				
5.1.	MOJÓN KILOMÉTRICO H°A° PREFABRICADO CLASE "A"	PZA	26,00	334,48	8.696,48
5.2.	SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA TIPO SP	PZA	38,00	712,09	27.059,42
5.3.	SEÑAL VERTICAL RESTRICTIVA TIPO SR	PZA	38,00	679,43	25.818,34
5.4.	SEÑAL VERTICAL DE INFORMACIÓN 0.40X1.80 PROV. Y COLC	PZA	1,00	2.191,76	2.191,76
5.5.	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL DE TRAFICO	ML	46.234,28	6,44	297.748,76
5.6.	SEÑALIZACIÓN REFLECTANTE BIDIRECCIONAL (OJOS DE GATO)	PZA	6.549,00	34,69	227.184,81
5.7.	BARANDA METÁLICA FLEX BEAM	ML	280,00	512,90	143.612,00
	SUBTOTAL SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				732.311,57
6.	MÓDULO 6: OBRAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL				
6.1.	RESTAURACIÓN DE BANCOS DE PRÉSTAMO Y PATIOS DE ACOPIOS	HA	2,62	1.454,17	3.809,34
	SUBTOTAL MEDIDAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL				3.809,34
	COSTO TOTAL DEL PROYECTO				11.346.599,23

4.8.2. Alternativa 2- manteniendo el ripiado como capa subbase

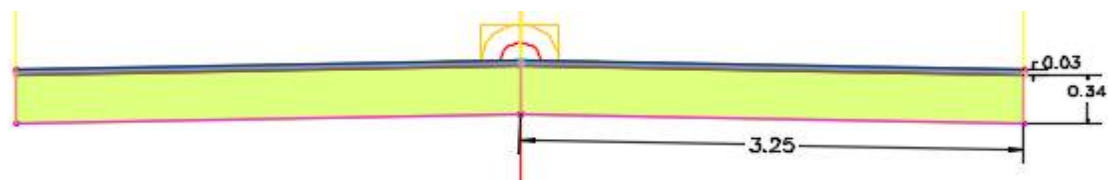
4.8.2.1. Con carpeta asfáltica:



PRESUPUESTO GENERAL ALTERNATIVA 2 - CON CARPETA ASFÁLTICA

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Numeral)	Precio Total (Numeral)
1.	MÓDULO 1: OBRAS PRELIMINARES				
1.1.	PROV. Y COLOCACIÓN DE LETREROS DE OBRA	PZA	1,00	4.567,07	4.567,07
1.2.	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN	GLB	1,00	92.416,11	92.416,11
1.3.	INSTALACIÓN DE FAENAS	GLB	1,00	100.090,70	100.090,70
	SUBTOTAL OBRAS PRELIMINARES				197.073,88
2.	MÓDULO 2: MOVIMIENTO DE TIERRAS				
2.1.	ESCARIFICADO Y TERRAPLÉN	M3	9.168,60	44,46	407.635,96
	SUBTOTAL MOVIMIENTO DE TIERRAS				407.635,96
3.	MÓDULO 3: PAVIMENTACIÓN				
3.5.	IMPRIMACIÓN DE CAPA BASE	M2	85.137,00	11,43	973.115,91
3.6.	CARPETA ASFÁLTICA ESPESOR = 5 CM	M3	4.914,00	2.441,71	11.998.562,94
	SUBTOTAL PAVIMENTACIÓN				12.971.678,85
4.	MÓDULO 4: OBRAS DE DRENAJE				
4.1.	CONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN DE CUNETAS REVESTIDAS	ML	3.110,78	998,58	3.106.362,69
	SUBTOTAL OBRAS DE DRENAJE				3.106.362,69
5.	MÓDULO 5: SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				
5.1.	MOJÓN KILOMÉTRICO H°A° PREFABRICADO CLASE "A"	PZA	26,00	334,48	8.696,48
5.2.	SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA TIPO SP	PZA	38,00	712,09	27.059,42
5.3.	SEÑAL VERTICAL RESTRICTIVA TIPO SR	PZA	38,00	679,43	25.818,34
5.4.	SEÑAL VERTICAL DE INFORMACIÓN 0.40X1.80 PROV. Y COLC	PZA	1,00	2.191,76	2.191,76
5.5.	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL DE TRAFICO	ML	46.234,28	6,44	297.748,76
5.6.	SEÑALIZACIÓN REFLECTANTE BIDIRECCIONAL (OJOS DE GATO)	PZA	6.549,00	34,69	227.184,81
5.7.	BARANDA METÁLICA FLEX BEAM	ML	280,00	512,90	143.612,00
	SUBTOTAL SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				732.311,57
6.	MÓDULO 6: OBRAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL				
6.1.	RESTAURACIÓN DE BANCOS DE PRÉSTAMO Y PATIOS DE ACOPIOS	HA	0,00	0,00	0,00
	SUBTOTAL MEDIDAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL				0,00
	COSTO TOTAL DEL PROYECTO				17.415.062,95

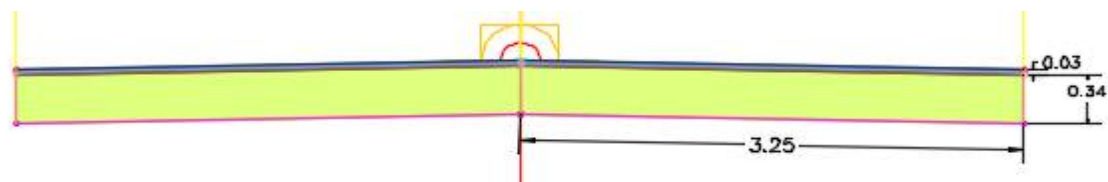
4.8.2.2. Con tratamiento superficial doble TSD



PRESUPUESTO GENERAL ALTERNATIVA 2 - CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Numeral)	Precio Total (Numeral)
1.	MÓDULO 1: OBRAS PRELIMINARES				
1.1.	PROV. Y COLOCACIÓN DE LETREROS DE OBRA	PZA	1,00	4.567,07	4.567,07
1.2.	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN	GLB	1,00	92.416,11	92.416,11
1.3.	INSTALACIÓN DE FAENAS	GLB	1,00	100.090,70	100.090,70
	SUBTOTAL OBRAS PRELIMINARES				197.073,88
2.	MÓDULO 2: PAVIMENTACIÓN TSD				
2.1.	RIPIADO ESPESOR= 14 CM	M3	12.836,04	128,19	1.645.451,97
2.2.	TRANSPORTE DE RIPIADO	M3/KM	12.836,04	1,84	23.618,31
2.3.	IMPRIMACIÓN DE RIPIADO	M2	85.137,00	7,86	669.176,82
2.4.	TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE	M2	98.280,00	23,09	2.269.285,20
	SUBTOTAL PAVIMENTACIÓN				4.607.532,30
3.	MÓDULO 3: OBRAS DE DRENAJE				
3.1.	CONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN DE CUNETAS REVESTIDAS	ML	3.110,78	998,58	3.106.362,69
	SUBTOTAL OBRAS DE DRENAJE				3.106.362,69
4.	MÓDULO 4: SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				
4.1.	MOJÓN KILOMÉTRICO H°A° PREFABRICADO CLASE "A"	PZA	26,00	334,48	8.696,48
4.2.	SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA TIPO SP	PZA	38,00	712,09	27.059,42
4.3.	SEÑAL VERTICAL RESTRICTIVA TIPO SR	PZA	38,00	679,43	25.818,34
4.4.	SEÑAL VERTICAL DE INFORMACIÓN 0.40X1.80 PROV. Y COLC	PZA	1,00	2.191,76	2.191,76
4.5.	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL DE TRAFICO	ML	46.234,28	6,44	297.748,76
4.6.	SEÑALIZACIÓN REFLECTANTE BIDIRECCIONAL (OJOS DE GATO)	PZA	6.549,00	34,69	227.184,81
4.7.	BARANDA METÁLICA FLEX BEAM	ML	280,00	512,90	143.612,00
	SUBTOTAL SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				732.311,57
5.	MÓDULO 5: OBRAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL				
5.1.	RESTAURACIÓN DE BANCOS DE PRÉSTAMO Y PATIOS DE ACOPIOS	HA	2,62	1.454,17	3.809,34
	SUBTOTAL MEDIDAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL				3.809,34
	COSTO TOTAL DEL PROYECTO				8.647.089,79

4.8.2.3. Con tratamiento superficial simple TSS



PRESUPUESTO GENERAL ALTERNATIVA 2 - CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Numeral)	Precio Total (Numeral)
1.	MÓDULO 1: OBRAS PRELIMINARES				
1.1.	PROV. Y COLOCACIÓN DE LETREROS DE OBRA	PZA	1,00	4.567,07	4.567,07
1.2.	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN	GLB	1,00	92.416,11	92.416,11
1.3.	INSTALACIÓN DE FAENAS	GLB	1,00	100.090,70	100.090,70
	SUBTOTAL OBRAS PRELIMINARES				197.073,88
2.	MÓDULO 2: PAVIMENTACIÓN TSS				
2.1.	RIPIADO ESPESOR= 14 CM	M3	12.836,04	128,19	1.645.451,97
2.2.	TRANSPORTE DE RIPIADO	M3/KM	12.836,04	1,84	23.618,31
2.3.	IMPRIMACIÓN DE RIPIADO	M2	85.137,00	7,86	669.176,82
2.4.	TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE	M2	98.280,00	10,69	1.050.613,20
	SUBTOTAL PAVIMENTACIÓN				3.388.860,30
3.	MÓDULO 3: OBRAS DE DRENAJE				
3.1.	CONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN DE CUNETAS REVESTIDAS	ML	3.110,78	998,58	3.106.362,69
	SUBTOTAL OBRAS DE DRENAJE				3.106.362,69
4.	MÓDULO 4: SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				
4.1.	MOJÓN KILOMÉTRICO H°A° PREFABRICADO CLASE "A"	PZA	26,00	334,48	8.696,48
4.2.	SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA TIPO SP	PZA	38,00	712,09	27.059,42
4.3.	SEÑAL VERTICAL RESTRICTIVA TIPO SR	PZA	38,00	679,43	25.818,34
4.4.	SEÑAL VERTICAL DE INFORMACIÓN 0.40X1.80 PROV. Y COLC	PZA	1,00	2.191,76	2.191,76
4.5.	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL DE TRAFICO	ML	46.234,28	6,44	297.748,76
4.6.	SEÑALIZACIÓN REFLECTANTE BIDIRECCIONAL (OJOS DE GATO)	PZA	6.549,00	34,69	227.184,81
4.7.	BARANDA METÁLICA FLEX BEAM	ML	280,00	512,90	143.612,00
	SUBTOTAL SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				732.311,57
5.	MÓDULO 5: OBRAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL				
5.1.	RESTAURACIÓN DE BANCOS DE PRÉSTAMO Y PATIOS DE ACOPIOS	HA	2,62	1.454,17	3.809,34
	SUBTOTAL MEDIDAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL				3.809,34
	COSTO TOTAL DEL PROYECTO				7.428.417,79

4.8.3. Detalle general y porcentaje del presupuesto de alternativas

Alternativa 1.

PRESUPUESTO GENERAL ALTERNATIVA 1 - CON CARPETA ASFÁLTICA		
DETALLE GENERAL	COSTO Bs.-	PORCENTAJE
MÓDULO 1: OBRAS PRELIMINARES	197.073,88	1,04
MÓDULO 2: MOVIMIENTO DE TIERRAS	342.883,66	1,82
MÓDULO 3: PAVIMENTACIÓN	14.477.006,56	76,76
MÓDULO 4: OBRAS DE DRENAJE	3.106.362,69	16,47
MÓDULO 5: SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL	732.311,57	3,88
MÓDULO 6: OBRAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL	3.809,34	0,02
COSTO TOTAL DEL PROYECTO BS.-	18.859.447,71	100,00

PRESUPUESTO GENERAL ALTERNATIVA 1 - CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE		
DETALLE GENERAL	COSTO Bs.-	PORCENTAJE
MÓDULO 1: OBRAS PRELIMINARES	197.073,88	1,59
MÓDULO 2: MOVIMIENTO DE TIERRAS	466.321,78	3,76
MÓDULO 3: PAVIMENTACIÓN TSD	7.896.418,77	63,67
MÓDULO 4: OBRAS DE DRENAJE	3.106.362,69	25,05
MÓDULO 5: SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL	732.311,57	5,90
MÓDULO 6: OBRAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL	3.809,34	0,03
COSTO TOTAL DEL PROYECTO BS.-	12.402.298,03	100,00

PRESUPUESTO GENERAL ALTERNATIVA 1 - CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE		
DETALLE GENERAL	COSTO Bs.-	PORCENTAJE
MÓDULO 1: OBRAS PRELIMINARES	197.073,88	1,74
MÓDULO 2: MOVIMIENTO DE TIERRAS	466.321,78	4,11
MÓDULO 3: PAVIMENTACIÓN TSS	6.840.719,97	60,29
MÓDULO 4: OBRAS DE DRENAJE	3.106.362,69	27,38
MÓDULO 5: SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL	732.311,57	6,45
MÓDULO 6: OBRAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL	3.809,34	0,03
COSTO TOTAL DEL PROYECTO BS.-	11.346.599,23	100,00

Alternativa 2.

PRESUPUESTO GENERAL ALTERNATIVA 2 - CON CARPETA ASFÁLTICA		
DETALLE GENERAL	COSTO Bs.-	PORCENTAJE
MÓDULO 1: OBRAS PRELIMINARES	197.073,88	1,13
MÓDULO 2: MOVIMIENTO DE TIERRAS	407.635,96	2,34
MÓDULO 3: PAVIMENTACIÓN	12.971.678,85	74,49
MÓDULO 4: OBRAS DE DRENAJE	3.106.362,69	17,84
MÓDULO 5: SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL	732.311,57	4,21
MÓDULO 6: OBRAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL	0,00	0,00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO BS.-	17.415.062,95	100,00

PRESUPUESTO GENERAL ALTERNATIVA 2 - CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE		
DETALLE GENERAL	COSTO Bs.-	PORCENTAJE
MÓDULO 1: OBRAS PRELIMINARES	197.073,88	2,28
MÓDULO 2: PAVIMENTACIÓN TSD	4.607.532,30	53,28
MÓDULO 3: OBRAS DE DRENAJE	3.106.362,69	35,92
MÓDULO 4: SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL	732.311,57	8,47
MÓDULO 5: OBRAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL	3.809,34	0,04
COSTO TOTAL DEL PROYECTO BS.-	8.647.089,79	100,00

PRESUPUESTO GENERAL ALTERNATIVA 2 - CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE		
DETALLE GENERAL	COSTO Bs.-	PORCENTAJE
MÓDULO 1: OBRAS PRELIMINARES	197.073,88	2,65
MÓDULO 2: PAVIMENTACIÓN TSS	3.388.860,30	45,62
MÓDULO 3: OBRAS DE DRENAJE	3.106.362,69	41,82
MÓDULO 4: SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL	732.311,57	9,86
MÓDULO 5: OBRAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL	3.809,34	0,05
COSTO TOTAL DEL PROYECTO BS.-	7.428.417,79	100,00

4.9. ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Analizando la evaluación superficial por el método URCI se llegó a la conclusión de que el tramo Canaletas- Narváez tiene un índice promedio de valor URCI de 74 que indica una condición MUY BUENA, sin embargo, con el diseño de espesores con el programa DIPAV 2.0, para la alternativa 2, que es para métodos directos, método que es el que interesa en este proyecto, se aprecia que solo para la opción con carpeta asfáltica se puede mantener el ripiado actual, para posteriormente colocar la carpeta asfáltica de 5 cm, pero al tener fallas superficiales como baches, calaminas, agregado suelto, entre otros, será necesario para esta opción realizar un escarificado, re nivelado y compactado del ripiado hasta que se llegue a una altura de 18 cm como lo establecido en el programa DIPAV.

En esta opción se puede realizar un método directo con carpeta asfáltica, no obstante, analizando en el diseño de espesores la opción para tratamiento superficial, se llega a la conclusión que se tendría que aumentar una capa de ripiado de 14 cm a la capa mínima de ripiado existente en el tramo de 20 cm, para que este tenga un espesor de 34 cm y cumpla con el número estructural requerido para el tramo, para esta opción ya no será necesario un escarificado.

- Para evaluar la condición estructural y caracterizar los suelos de los 13 kilómetros del tramo Canaletas – Narváez, se procedió en primer lugar a la clasificación de suelos, en donde con la granulometría y los límites de Atterberg se llegó a determinar el tipo de suelo tanto para la capa subrasante como para el ripiado, obteniendo dos tipos de suelos en la carpeta subrasante que son A-2-4 y A -4, que según la clasificación AASHTO corresponden a un suelo bueno y regular. Para el ripiado se clasificaron 4 tipos de suelos: A-1-a, A-1-b, A-2-4 y A-2-6 que llegan a ser suelos de buena a excelente calidad. Sin embargo, se llega a apreciar que los suelos del tramo 1, 6, 9 y 11, no tiene un índice plástico, teniendo mayor contenido de arenas. Cuando el tratamiento superficial se aplica a una carretera antigua no asfáltica, de tipo grava – arcilla o arena- arcilla, se debe comprobar que el índice de plasticidad sea suficientemente bajo para que este no se ablande por efecto de la humedad, es así que en el trabajo en la mayoría de los tramos notamos un índice de plasticidad entre 4 y 6 %, que serían datos aceptables en tratamientos, sin

embargo para los tramos 3 y 7, el índice de plasticidad se eleva, por lo que será importante estudiarse cuidadosamente en ese aspecto.

Con el ensayo de compactación T-180 se logró determinar la densidad máxima y la humedad óptima de los suelos en donde la densidad para todos los kilómetros tiene un valor que varía de 2,022 a 2,111 gr/cm³. Con estos valores se logró realizar el ensayo más importante que definirá la condición del suelo, este ensayo es el CBR, cuyos valores para el ripiado son clasificados como una sub base buena, puesto que todos están entre el 30 % y el 80 % al 95 % de la densidad máxima, valores que, según normativa de la ABC, clasificarían como una capa subbase.

- Se determinó realizar ensayos de densidad in situ, con esto se logró verificar el grado de compactación para cada tramo, teniendo:

Nro. De tramo	Densidad del suelo	Densidad máxima	Grado de compactación
1	1,96	2,022	96,84
2	2,01	2,086	96,34
3	1,96	2,080	94,36
4	1,96	2,060	95,33
5	2,01	2,062	97,38
6	1,89	2,024	93,44
7	2,03	2,088	97,35
8	2,01	2,108	95,42
9	1,89	2,058	91,65
10	2,02	2,111	95,63
11	1,85	2,036	90,80
12	1,99	2,099	94,79
13	1,95	2,022	93,93

Es notorio que en hay tramos en los que el grado de compactación tienen menos del 95 % de la densidad máxima, no obstante, como para todas las alternativas analizadas se deberá incluir otra capa o realizar un re nivelado, en el proceso constructivo se deberá llegar al grado de compactación ideal.

- Verificando la geometría del tramo Canaletas – Narváez, se identificaron 38 radios de curvatura que no cumplen con normativa, puesto que son menores a 25 m, que es el radio mínimo para caminos de desarrollo, en consideración se optó por el colocado de señalización en estos puntos que indiquen al conductor que se debe reducir la velocidad. Se eligió esta opción porque un cambio de geometría afectaría considerablemente en los costos de proyecto, no justificando el bajo tráfico que circula por la zona.

En el análisis de pendientes máximas se logró determinar la pendiente máxima que es de $-9,47\%$, pendiente que cumple con normativa, pues la máxima para este tipo de caminos es del 12% .

- Para comprobar que el tramo elegido es de bajo volumen de tráfico, se realizó un aforo de vehículos livianos, medianos y pesados, por un tiempo de 7 días, llegando a verificar que por el tramo pasa un promedio de 87 veh/día, con este análisis se confirma que existe un bajo volumen de tráfico en el tramo Canaletas – Narváez. El aforo se clasifico en vehículos livianos, medianos y pesados. Con estos datos de trafico promedio diario de los tres tipos de vehículos, se genera el tráfico que habrá para un periodo de diseño de 15 años y se introducen estos datos al programa DIPAV 2.0 para calcular los ejes equivalentes acumulados ESAL que es un parámetro importante en el diseño de espesores.
- Además de contar con datos de tráfico, se necesitan otros parámetros de diseño como ser la confiabilidad, serviciabilidad inicial, serviciabilidad final, módulo de resiliencia, entre otros, que se describieron en el numeral 4.6.2., con estos parámetros se logra diseñar los espesores para las diferentes alternativas. Se consideran dos alternativas: la primer alternativa es un método no directo que consiste en diseñar los espesores a nivel de la subrasante, es decir, excavar todo el ripiado para colocar un paquete estructural convencional, para ambas alternativas se diseñaron dos opciones, una con carpeta de concreto asfáltico y la otra con tratamiento superficial (independiente de ser tratamiento simple o doble), se logró determinar los espesores de cada opción para la primer alternativa, siendo los siguientes:

	Espesores (m)	
	Carpeta asfáltica	Tratamiento superficial
Capa de rodadura	0,05	0,03
Capa base	0,10	0,15
Capa subbase	0,10	0,19

La segunda alternativa consiste en un método directo tomando el ripiado como capa subbase, se tomó el CBR mínimo de todo el tramo que es el 39 % y como referencia se tomó el espesor mínimo de 20 cm de ripiado. Los espesores calculados por el programa DIPAV 2.0 son los siguientes:

	Espesores (m)	
	Carpeta asfáltica	Tratamiento superficial
Capa de rodadura	0,05	0,03
Capa base	0	0
Capa subbase	0,18	0,34

Como el espesor mínimo de ripiado verificado en el tramo Canaletas – Narvéez es de 20 cm, para la primera opción, con un renivelado y escarificado al ripiado se puede llegar a los 18 cm de espesor por medio de la compactación para posteriormente colocar la carpeta asfáltica. En la segunda opción como ya se tiene un espesor de 20 cm de ripiado se debe añadir 14 cm más de ripiado, todas las opciones tanto de la primera y segunda alternativa fueron diseñadas para que cumplan con el número estructural que se requiere para diseñar un paquete en óptimas condiciones.

- Para el diseño de tratamientos superficiales es de importancia clasificar tanto los cementos asfálticos como el material pétreo, para esto se realizan diferentes ensayos que permiten obtener las características de los mismos.

En primer lugar, se realizó un ensayo de punto de inflamación con la copa abierta de Cleveland, obteniendo un resultado de 295 ° C al punto de ignición y 310° C al punto de encendido.

Posteriormente se logró clasificar el asfalto mediante el ensayo de penetración, en donde se obtuvieron valores de 88, 89, 96, clasificando el cemento asfáltico por su grado de penetración en asfaltos del tipo 85 – 100.

Con este valor de clasificación del asfalto, se puede ubicar mediante especificaciones que el valor mínimo del punto de inflamación es 232 ° C, por lo tanto, el resultado del ensayo de punto de inflamación es aceptable.

Con el ensayo de viscosidad Saybolt Furol se determinó la viscosidad del cemento asfáltico para 3 muestras, llegando a valores de 248, 238 y 241 SSF, estos comparando con un tipo de asfalto espeso y por especificaciones, deberán ser menores a 600 SSF, por lo tanto, los valores resultantes son aceptables.

En cementos asfálticos la ductilidad es una característica importante, con este ensayo se determina que tan dúctiles son los betunes asfálticos, siendo de mejores propiedades aglomerantes aquellos que superan los valores establecidos por especificación, en el ensayo se obtuvo una ductilidad promedio de 102,33 cm; el valor mínimo para un asfalto 85 – 100, es de 100 cm, entonces se puede decir que cumple favorablemente.

El ensayo de densidad o peso específico del asfalto, normalmente no tiene especificaciones, sin embargo, es importante conocer este valor para hacer correcciones de volumen; los valores obtenidos en dos ensayos, son de 1,03 y 1,01 gr/cm³.

- Para caracterizar el material pétreo para tratamientos superficiales, se realizó el ensayo de granulometría para verificar si estos son adecuados para tratamientos, es así que con este ensayo y mediante especificaciones se pudo observar que para la gravilla (tamiz ½” - N° 200), solo en el tamiz ¾” no cumple con especificación técnica, siendo un valor de % que pasa de 69,4 % cuando tendría que pasar entre 85 – 100 %. Los demás % cumplen y están dentro del rango especificado.

Para la arena (tamiz 3/8” - N° 200), de igual forma se distingue que para el tamiz N° 200 no cumple con especificación, pero para los demás está dentro del rango.

El equivalente de arena sirve para determinar la proporción relativa de polvo fino, el valor del equivalente de arena, por especificación, debe tener un valor mayor al

65 %, los valores del agregado fino para tratamientos superficiales resultaron ser en promedio de 69,45 %, cumpliendo correctamente con especificación.

Con el ensayo de durabilidad con el método de los sulfatos, se verifico que estos materiales con los que se realizó el ensayo, en cinco ciclos de lavado, no perdieron mucho peso, significando que estos no pudieron desintegrarse y que son aptos para utilizarlos en tratamientos superficiales.

Se realizaron los ensayos de peso específico y peso unitario para tener idea clara del valor de estos y para determinar el % de absorción.

Un ensayo de control es el ensayo de destilación, que sirve para controlar si un riego de imprimación se está ejecutando con la dosificación adecuada de asfalto y solvente, es por ello que luego de una preparación de MC- 30 se procedió a comprobar las proporciones, dejando un resultado aproximado al de la preparación de 52 % asfalto y 48 % solvente, resultando con el ensayo un porcentaje de 52,5 % de asfalto y 47,5 % de solvente.

- Con el diseño de tratamiento superficial simple, se logró determinar una adecuada dosificación de riego de imprimación, este después de 24 horas en la superficie de la base, comienza a penetrar por el suelo para lograr una buena adherencia entre en suelo y el tratamiento superficial, las cantidades que se utilizaron para el tratamiento superficial simple como para el doble estuvieron adecuadamente realizadas, puesto que en el análisis de cargas y deformaciones, se distingue la diferencia entre ellas.

Para las briquetas conformadas de base y riego de imprimación, las gráficas de carga - penetración tienen una tendencia ascendente, en donde se llega a observar que para la deformación de 0,1” y 0,2” los puntos suben por una diferencia de carga de aproximadamente 100 kg, este valor podría suponerse que es más elevado puesto que el tiempo de penetración entre 0,1” y 0,2” aumenta a un intervalo de 2 minutos.

El valor máximo de carga entre las tres briquetas es de 260 kg, y el mínimo de 251 kg, con el análisis estadístico se determinó un promedio de 255 kg hasta una penetración de 0,3”, con una dispersión de datos no muy elevada. Con las briquetas de tratamiento superficial simple, en las gráficas de carga- penetración, se observa

que de 0,1” a 0,2”, la línea de carga asciende aproximadamente por una diferencia de 130 kg, llegando a tener valores máximos entre las tres briquetas de 305 kg y mínimos de 298 kg, no teniendo esta mucha variación entre sí.

De igual forma para los tratamientos superficiales dobles, se observa casi la misma diferencia de carga que para los tratamientos simples, entre las deformaciones de 0,1” y 1,2”, aproximada de 130 kg, sin embargo, estas cargas son mayores que las aplicadas a la base sin tratamiento y al tratamiento simple, llegando a tener valores máximos de 458 kg para 0,3” y mínimo de 456 kg, no obteniendo variación considerable de datos.

Comparando las tres gráficas, se verifica que con un tratamiento superficial ya sea simple como doble, tiene mayor capacidad para soportar cargas aplicadas que solo una base como afirmado, entonces como valores promedios máximos para 0,2”, que es la carga para determinar la capacidad portante mayor, tenemos:

205,00 kg para base + riego

257,30 kg para tratamiento superficial simple

384,00 kg para tratamiento superficial doble

Existe mayor diferencia entre el tratamiento superficial simple con el doble, deduciendo que el tratamiento simple se lo realizó solo con arena y el doble con arena y gravilla, lo que le hace tener un afirmado de mayor dureza.

4.10. FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

- Factibilidad técnica: Se considera para el análisis dos alternativas, una con pavimento convencional no directo, que consiste en excavar el material hasta nivel subrasante y conformar una capa subbase, base y carpeta de rodadura; y la otra alternativa con un método directo sobre un ripiado considerando que cumpla estructuralmente para el tráfico que circula por la carretera.

Ambas alternativas cumplen estructuralmente para el tráfico según la metodología AASHTO 93 para el diseño de espesores de pavimento flexible, por lo que cualquier alternativa resultaría factible técnicamente.

- Factibilidad económica: El análisis económico de las alternativas planteadas nos muestra una clara diferencia en el costo del tratamiento directo sobre el ripiado

con respecto al pavimento convencional no directo. Se tienen las siguientes comparaciones en costos:

Con carpeta asfáltica:

Alternativa 1: 18.859.447,71 Bs.

Alternativa 2: 17.415.062,95 Bs.

La alternativa 1 con respecto a la dos se diferencia con un monto de 1.444.384,76 Bs que en porcentaje representa al 7,66 % en diferencia de precio.

Con tratamiento superficial doble:

Alternativa 1: 12.402.298,03 Bs.

Alternativa 2: 8.647.089,79 Bs.

La alternativa 1 con respecto a la dos se diferencia con un monto de 3.755.208,24 Bs que en porcentaje representa al 30,28 % en diferencia de precio.

Con tratamiento superficial simple:

Alternativa 1: 11.346.599,23 Bs.

Alternativa 2: 7.428.417,79 Bs.

La alternativa 1 con respecto a la dos se diferencia con un monto de 3.918.181,44 Bs que en porcentaje representa al 34,53 % en diferencia de precio.

Por el bajo tráfico que circula por el tramo Canaletas – Narváez, resulta factible optar por un tratamiento superficial simple por el método directo, el cual consiste en aumentar 14 cm de ripiado para posterior tratamiento.

- Factibilidad geométrica: Como el camino actual ya está consolidado no se ve conveniente realizar una variación geométrica, puesto que al realizar cambios en las curvas en las que no cumple con el radio mínimo establecido por normativa se tendría que realizar grandes movimientos de tierra que implicaría una sobre elevación en los costos finales y también al hacer cortes o rellenos, ya no se podría realizar un tratamiento directo en todo el tramo, lo cual no justifica en costo por el bajo tráfico circulante de la zona. Por lo tanto, la factibilidad desde el punto de vista geométrico para un tratamiento directo es mantener la geometría tanto en alineamiento horizontal como vertical.

Se vio necesario incluir señalizaciones de precaución en todas las curvas menores de 25 m, señales verticales que indiquen que se debe reducir la velocidad para una

maniobra adecuada a los radios de curvatura, además de señales de información, barandas metálicas en sitios críticos, entre otros, todo con el fin de precautelar la seguridad de los usuarios.

- Factibilidad ambiental: Como se trata de un camino consolidado y se recomienda mantener la geometría del tramo, las afectaciones ambientales serán mínimas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Este proyecto logro desarrollar diferentes metodologías de trabajo, que elaboradas adecuadamente lograron determinar todas las características y propiedades necesarias para el diseño tanto de espesores de pavimentos para un método no directo y directo como para el diseño de tratamientos superficiales simples y dobles.
- Por medio de la evaluación superficial se consiguió identificar todas las fallas sobre la carpeta de afirmado dentro del área de muestreo para determinar la condición de la vía no pavimentada, en donde esta condición llega a un resultado que varía de una condición buena a una muy buena, es decir que se pudo llegar a la conclusión de que el tramo Canaletas – Narvárez se encuentra en buenas condiciones, sin embargo es evidente que el tramo presenta fallas como baches, calaminas, agregado suelto, etc, que con las soluciones planteadas solo para un diseño de carpeta asfáltica se podría realizar directamente sobre el ripiado, dando la opción de previamente realizar un escarificado y compactado.
- Con la extracción de muestras representativas para cada unidad de estudio o unidad muestral, se pudo caracterizar los materiales de la subrasante y del ripiado de la carretera no pavimentada, determinando que se encontraron 5 tipos de suelo: A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-6 y A-4, suelos de regular, buena y excelente calidad, en general se clasificó el ripiado como una sub base buena.
- Para determinar la condición del suelo se realizaron también ensayos de Compactación T-180 y C.B.R., en donde se vio un C.B.R. entre 30 y 80% del 95 % de la densidad máxima de compactación, valores que según el manual de especificaciones de la ABC corresponden a sub bases, con los valores de CBR se eligió el valor mínimo para diseñar los espesores para cada alternativa.
- Con la evaluación superficial y estructural se logró aplicar técnicas y metodologías que permiten determinar la condición de un camino no pavimentado.
- Con el análisis estructural en el diseño de espesores se logró verificar y analizar el comportamiento de un pavimento, tanto con carpeta asfáltica como con

tratamiento superficial, ambos con la intención de que satisfagan las necesidades de carga del tráfico. Se logró concluir este punto con la solución de que ambas alternativas cumplen estructuralmente para un método directo, la alternativa con carpeta asfáltica se la puede realizar directamente sobre el rizado, sin embargo, es recomendable previamente realizar un escarificado y compactado. La alternativa con tratamiento superficial al tener un coeficiente estructural menor que el de la carpeta asfáltica requiere que al rizado actual se le agregue 14 cm más de rizado para que cumpla con el número estructural para la carga de tráfico correspondiente.

- Con la evaluación del tramo Canaletas – Narváz y con el diseño estructural de espesores se alcanzó plantear dos alternativas, una con un método no directo, estableciendo cambiar todo el rizado hasta nivel subrasante para posteriormente diseñar una capa sub base, capa base y carpeta de rodadura, y la otra alternativa tomando el rizado actual como una capa sub base, la solución se basa en los costos finales de ejecución.
- Los materiales para el diseño de tratamientos superficiales, dotados por la alcaldía, necesitan de una caracterización, que sirva para la dosificación del diseño, para esto se logró definir las propiedades y características de los agregados pétreos y material asfáltico, obteniendo resultados favorables que cumplen con especificaciones técnicas. Posterior caracterización de los materiales, se logró verificar cómo reacciona a la acción de cargas un tratamiento superficial directo sobre el rizado del camino no pavimentado de Canaletas – Narváz.
- Con la conformación de las briquetas para análisis de tratamientos directos, se consiguió alcanzar y elaborar curvas de carga – deformación para 0,1” y 0,2”, en donde se aprecian diferencias de valores de carga entre estas deformaciones. Es evidente que el suelo mejora la capacidad de cargas aplicando tratamientos superficiales.
- Los resultados obtenidos en la comparación de caminos no pavimentados con los caminos con aplicación de tratamientos superficiales presentan variaciones, en donde es evidente que un tratamiento superficial doble soporta mayor acción de carga que para los tratamientos superficiales simples y para caminos sin

tratamiento, sin embargo, como es un tramo de bajo volumen de tráfico, es recomendable aplicar tratamiento superficial simple, que soporta un tráfico menor de 200 veh/día.

- Analizando la factibilidad económica, se concluye que los métodos directos resultan menos costosos que los métodos no directos. Considerando que el tráfico promedio diario es de 87 veh / día se concluye que la alternativa elegida para realizar un tratamiento directo es la opción de tratamiento superficial simple con un monto de 7.428.417,79 Bs, para la cual se debe realizar un ripiado adicional de 14 cm con el fin de que cumpla estructuralmente para la carga del tráfico sin modificar la geometría tanto en planta como en perfil.
- El proyecto se concluyó favorablemente, logrando evaluar, caracterizar y diseñar tratamientos directos mejorando el comportamiento de la calzada, y analizar la factibilidad de realizar un tratamiento directo por medio de normas y especificaciones que ayudan a establecer criterios y mejorar el nivel de conocimiento.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para la evaluación superficial se deba contar con los instrumentos necesarios para lograr medir las fallas sin problemas, además de contar con las planillas que ayuden a la identificación de las áreas de muestreo y mediciones.
- Para el ensayo de compactación y C.B.R. es recomendable el correcto enrasado de los moldes para no tener ningún contratiempo en el cálculo de estos, ya que si no se procede a hacer esto correctamente se tendría que repetir los ensayos.
- En el cálculo del agua necesaria en el C.B.R. es importante determinar la humedad natural del suelo para poder calcular la cantidad de agua por agregar para llegar a su humedad óptima y densidad máxima; para conservar la humedad en el transcurso del ensayo, es preferible colocar un trapo húmedo por encima de la muestra.
- La caracterización del asfalto deberá ser elaborada siguiendo todos los procedimientos bajo normativa, es así que se debe cumplir correctamente con lo

que se establece en el manual de ensayos. Para los ensayos de penetración y ductilidad, es importante cumplir con los tiempos de espera, tanto en enfriamiento a temperatura ambiente como en baño maría, también es recomendable respetar la temperatura del baño María, de 25 ° C para estos ensayos, porque de esta manera adquieren la consistencia requerida.

- Al realizar el ensayo de destilación es de suma importancia instalar correctamente el balón contenedor de muestra con el condensador para evitar evaporaciones y pérdida de residuo.
- Una de las recomendaciones importantes es dosificar los tratamientos superficiales con la debida medida, puesto que si se excede en el riego de imprimación se llegará a un ablandamiento del tratamiento y si se excede en material pétreo se llegará a desintegrar y remover el agregado quedando este suelto.
- Es importante tomar en cuenta los parámetros de diseño utilizados en el programa DIPAV 2.0, tomando en cuenta todos los valores recomendados por normativa.
- Para conseguir resultados favorables es recomendable seguir todos los procedimientos de cálculo tal y como indican las normas para obtener respuestas buenas y mejorar el criterio de evaluación.