Proyecto Final

Ruta Provincial Nº11 – La Caldera

Carrera: Ingeniria Civil

Año: 2017

Alumnos:

Arzelán, Maria Belén

Cabanillas, Luis Maria

Índice:

CAPITULO 1: Introducción 3
CAPITULO 2: Antecedentes 5
Información de Tránsito 5
Composición 5
Información Hidrológica: 7
CAPITULO 3: Topografía 9
Relevamiento topográfico y mediciones del terreno 9
Trazado del camino 16
Ancho de calzada 19
CAPITULO 4: planimetría y altimetría 20
Distancia de visibilidad 20
Curvas horizontales 22
Transición del peralte 27
Altimetría 28
Curvas verticales: 29
Secciones transversales: 31
Diagrama de Bruckner: 32
CAPITULO 5: Estudio de suelo 33
Granulometría del Material: 34
Constante físicas de los suelos: 35
Teoría de Compactación: 39
CBR (California Bearing Ratio): 44
CAPITULO 6: Paquete estructural 50
Mezclas asfálticas en Caliente: 50
Diseño estructural de pavimentos flexibles: 50
Método Shell: 51
Método AASHTO: 55
CAPITULO 7: Diseño de alcantarillas 64
CAPITULO 8: Cómputo y presupuesto 69
Cómputo: 69
Análisis de precio: 71
Coeficiente de resumen: 74
Presupuesto: 75
CAPITULO 9: Conclusiones 77
Bibliografía consultada: 79

ANEXOS.....80
Anexo I: Tablas TMDA – Vialidad Nacional: Ruta 9.....81
Anexo II: Gráficos de temperatura y precipitaciones.....84
Anexo III: Climograma, Diagrama de temperatura. 87
Anexo IV: Tabla Climática.....89
Anexo V: Puntos del relevamiento topográfico.....91
Anexo VI: Tablas de Rühler – Características de diseño geométrico en caminos rurales. ...107
Anexo VII: Distancia de detención y de sobrepaso – Tablas de Rühler 110
Anexo VIII: Cálculo de curvas horizontales.....112
Anexo IX: Cálculo de curvas Verticales 127
Anexo X: Normas de Ensayos.....142
Anexo XII: tablas método Shell.....175
Anexo XIII: Tablas LEFS 178

CAPITULO 1: Introducción

Las carreteras y las vías urbanas y rurales son un componente importante en el desarrollo económico y social, en nuestro país. *"Se define como carretera a la superficie en la cual predomina la longitud con respecto al ancho sobre la cual los vehículos pueden desplazarse con seguridad y comodidad, para una velocidad preestablecida".*[1]

En este proyecto se realizará la traza y materialización de 2,1 km de una carretera de camino de montaña, ubicada en la ruta provincial N° 11, uniendo la Calderilla (Ruta nacional Nº9) con la ciudad de Güemes, evitando el cruce por la ciudad de Salta.

El objetivo principal de este trabajo es realizar el proyecto de un camino que mejore la situación del camino actual y poder satisfacer la necesidad de la gente para que se pueda desplazar de un lugar a otro con comodidad, seguridad y en un menor tiempo. Al utilizar la ruta planteada en este proyecto, la gente podrá desplazarse desde la caldera hasta la ciudad de Güemes y evitar el cruce por la ciudad de Salta. La distancia desde la Caldera hasta Güemes cruzando por la ciudad es aproximadamente 65 km, con esta nueva traza la misma se reduce a una distancia de 39 km.

El alcance del proyecto va desde el relevamiento topográfico del camino hasta el cómputo y presupuesto de la carretera.

El mismo incluirá:

- Reconocimiento topográfico: se realizó con la estación total.
- Proyecto geométrico: planimetría y altimetría de la carretera (curvas horizontales, curvas verticales, ancho de calzada, peralte, pendientes, entre otros).
- Estudio de suelo (toma de muestra de suelo y ensayos de laboratorio para determinar sus propiedades).
- Movimiento de suelo (terraplén, excavación y Diagrama de Bruckner).
- Paquete estructural (Base, sub base y carpeta asfáltica)
- Cómputo y Presupuesto.

El presente proyecto se desarrolla en una zona de montaña.

"Un camino de montaña es aquel que discurre sobre un terreno cuyos cambios longitudinales y transversales son abruptos, requiriendo el mismo de fuertes rellenos y/o excavaciones para mantener un alineamiento horizontal y vertical aceptable".[2]

Este camino de montaña del proyecto presenta las siguientes características:

- Un terreno de suelo fino, compuesto por arcilla, limos y arenas, del cual detallaremos más en el capítulo 5. A diferencia de la mayoría de los

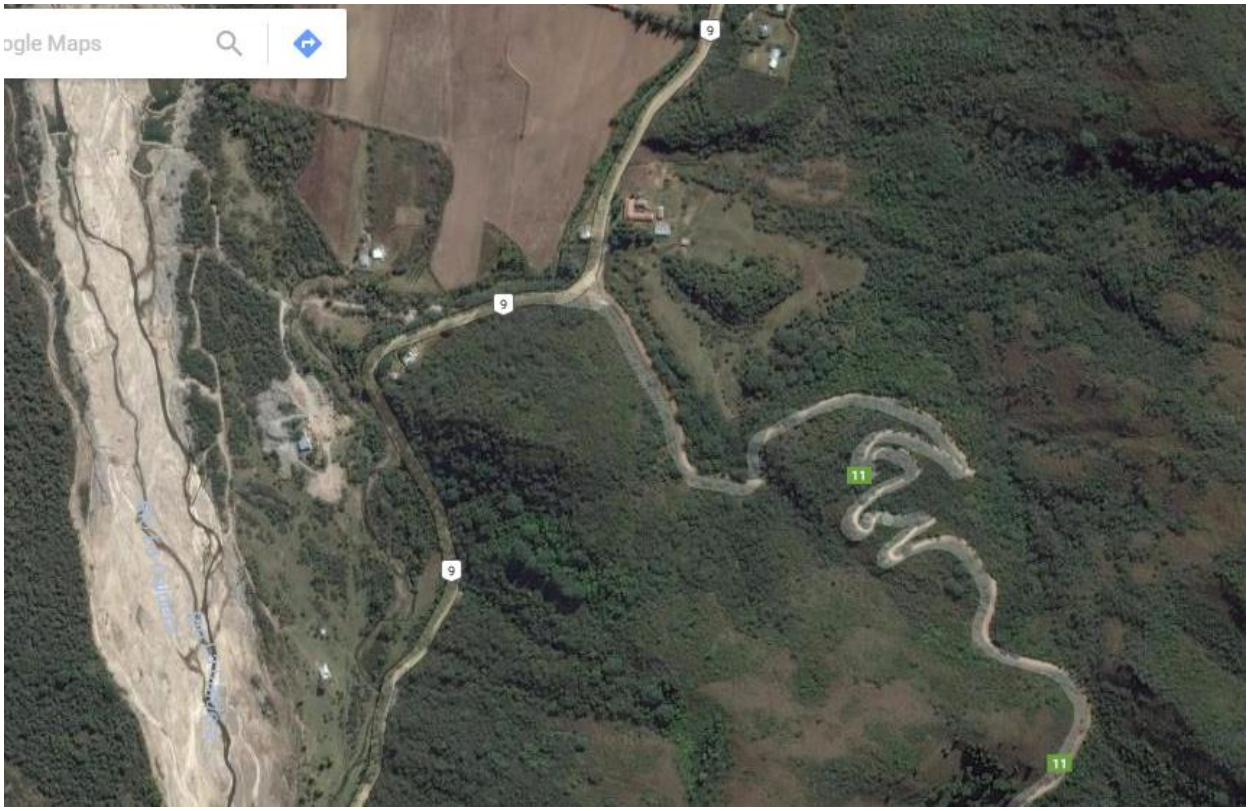
[1](Pereyra, Apuntes de Cátedra "Construcción de Carreteras" 2015)
[2](Universidad Nacional de la Plata s.f.) – Caminos I, caminos de montaña

caminos de montañas, el mismo no presenta roca, por lo cual no será necesario hacer voladuras.

- Una red de drenaje bien definida, donde los caudales que esta transporta pueden ser intensos, por tal motivo, se realizarán alcantarillas en puntos estratégicos de la ruta.
- Un paisaje único con perspectivas, puntos de vistas, formas y colores variables, donde la construcción del camino puede impactar positivamente sobre la visual en el que se inserta.
- Un clima subtropical, húmedo y con presencia de lluvias intensas en épocas de verano, por lo que se preverá de alcantarillas necesarias y con dimensiones correctas para poder evacuar el caudal (capítulo Nº7).

En este proyecto se realizará una calzada con dos carriles indivisos uno ascendente y el otro descendente.

En la siguiente imagen satelital se muestra la ubicación general de la zona del proyecto. La misma intersecta con la ruta nacional número 9. La misma se encuentra a 17 km del centro de la ciudad de salta capital.



CAPITULO 2: Antecedentes

Información de Tránsito

Para obtener los datos de velocidad y volumen de tránsito tomamos como referencia el tramo de la Ruta Nacional Nº9, desde La Caldera hasta el límite con Jujuy. El tramo fue escogido ya que cuenta con características geométricas y condiciones climáticas similares al ser los dos caminos de montaña.

Según vialidad de la Nación, el diseño de un camino, se encontrará influenciado por dos factores: la configuración y naturaleza del terreno que debe atravesar y las modalidades y exigencias del tránsito que debe soportar.

El volumen, composición, distribución, velocidad del tránsito, conjuntamente con la topografía, determinan diversas magnitudes del diseño geométrico de un camino, tales como radios y peraltes de curvas horizontales, parámetros de curvas verticales, pendientes, anchos de calzada, etc.

"Se denomina volumen de tránsito al número de vehículos que pasa por un tramo dado durante un período de tiempo.

El ***Tránsito Medio Diario Anual*** *es una medida fundamental del tránsito y en el sentido estricto se define como el volumen de tránsito total anual dividido por el número de días del año, generalmente* ***se abrevia T.M.D.A."*** [3]

Según los datos obtenidos para la ruta nacional Nº9, en (tabla 1 - anexo I), El TMDA en el año 2014 fue:

-Tramo La caldera - límite de Jujuy: 359 vehículos por día

-Tramo La caldera - Vaqueros: 1500 vehículos por día

Se analizaron estos dos tramos para tener en cuenta el flujo de vehículos que circula partiendo desde la Caldera. Con estos datos se determinó que la ruta a diseñar será de una calzada con dos carriles indivisa uno ascendente y otro descendente, ya que la misma no superará la cantidad máxima exigida de vehículos, según la norma Rühle (anexo 6). Para lo cual se optó por un camino de categoría tipo III que desarrollará a lo largo del proyecto.

Hoy en día la Caldera y la calderilla se están construyendo muchos loteos, lo cual aumentará en un futuro el índice de población en la zona. Por lo tanto esta ruta que conecta la caldera- Güemes se pensará para un TMDA de 500 - 1500 vehículos por día.

Composición

"El tránsito puede ser dividido en tres grupos principales a saber:

Automóviles: *Se incluyen también en esta categoría a las camionetas y todo otro vehículo cuyas características de operación se asemeje a las de los automóviles.*

[3](vialidad nacional s.f.)

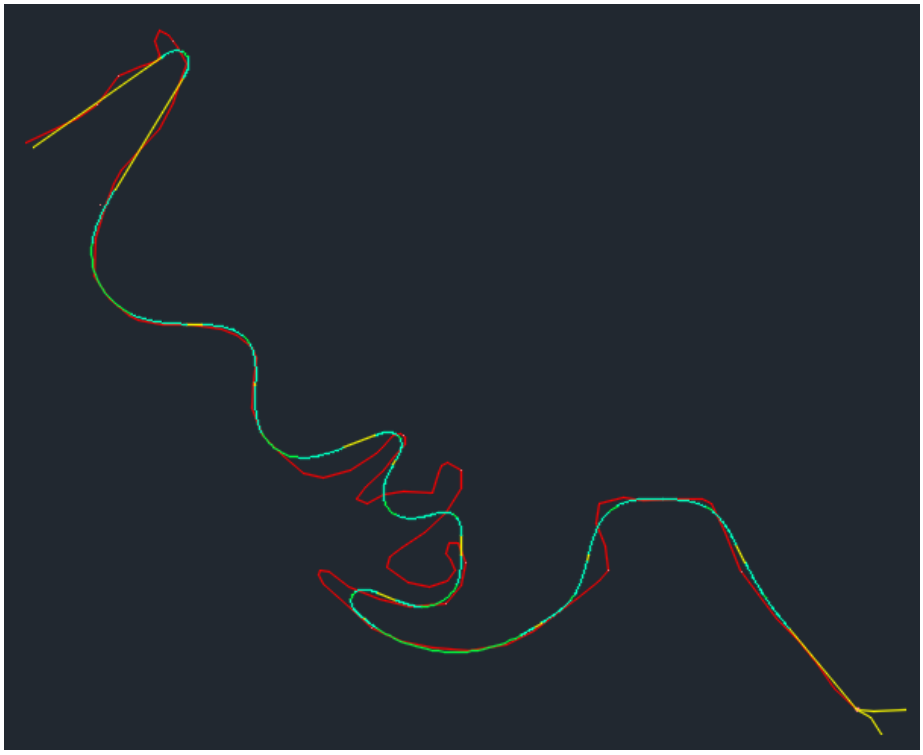
Ómnibus: *Incluye a los "colectivos", micro-omnibus y similares.*
Camiones: *Incluye a los camiones con y sin acoplado, semi-remolques, semi-remolquescon acoplado y todo otro vehículo cuyas características de operación sean similares a las de los camiones".*[4]

En el caso de la carretera proyectada, la misma se diseñó para que puedan circular automóviles, ómnibus y camiones semi-remolque.

"Se define como percentil 85 *de una distribución de velocidades, a aquella a la cual el 85% de los vehículos, circulando libremente, la igualan o van más lentos. Dicho de otra manera es* ***aquella velocidad que solo es superada por el 15% de los vehículos*** *circulando libremente".*[5]

Según los datos obtenidos para el tramo de cornisa, Caldera – Límite de Jujuy (tabla anexo I.I) la velocidad percentil para vehículos livianos es de 59 km/hs y para otros 50 km/hs.

El camino existente no presenta señalización, y el estado de la calzada no pavimentado se encuentra en un estado deplorable. Además no cumple con las normas vigentes de Rhüle y en el cual los vehículos no pueden desplazarse con seguridad a una velocidad mayor de 20 km/hs, por lo tanto se tuvo que modificar la traza existente que se planteó en un principio que intentaba acompañar al mismo.



Por lo tanto, se propuso una traza diferente, la cual se analiza en los próximos capítulos. En la misma se adoptó una velocidad directriz de 40 km/hs. Para lograrlo se

[4](vialidad nacional s.f.)

[5](vialidad nacional s.f.)

deberán realizar desmontes y terraplenes, que exigirá mayor movimiento de suelo pero se otorgará mayor seguridad a los vehículos.

Información Hidrológica:

El clima es cálido y templado en La Caldera. Hay precipitaciones durante todo el año. Hasta el mes más seco aún tiene mucha lluvia. La clasificación del clima de Köppen-Geiger es Cfb. La temperatura media anual en La Caldera se encuentra a 16.3 °C y la precipitación es de 714 mm al año (Anexo II)

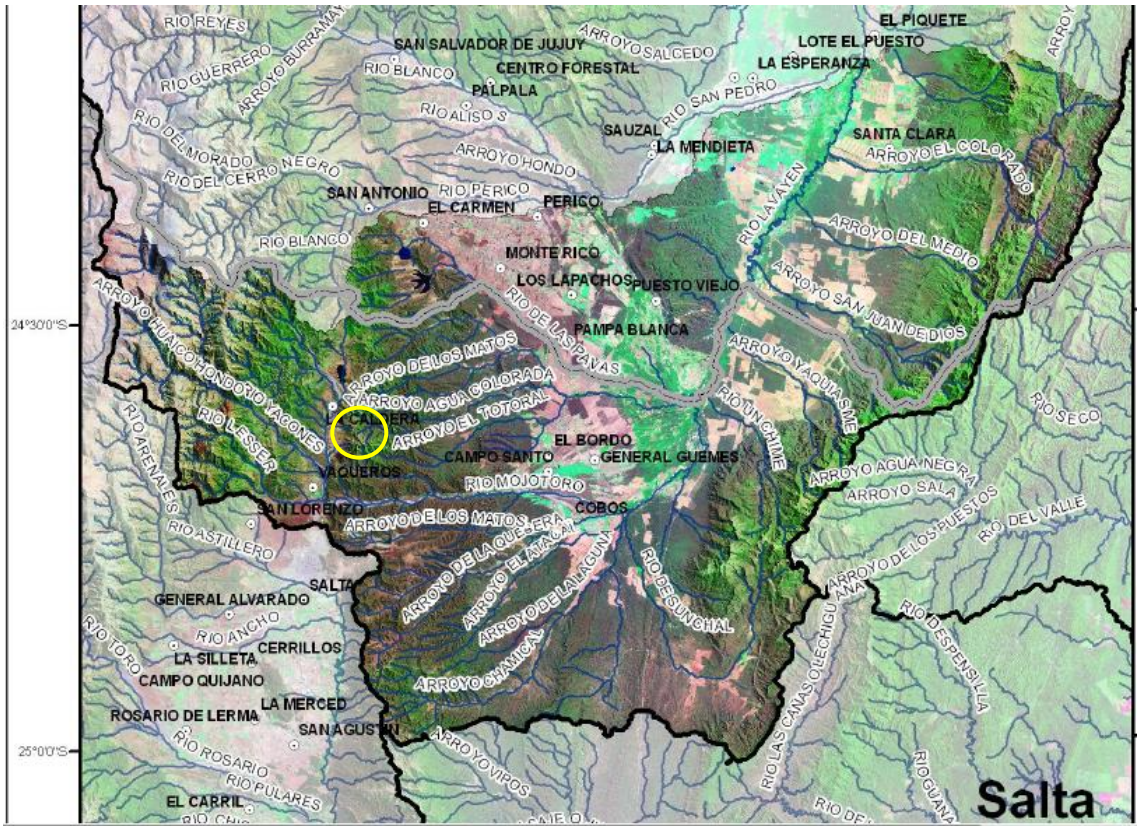
El mes más seco es julio, con 4 mm de precipitación. Mientras que la caída media en enero es de 175 mm. El mes en el que tiene las mayores precipitaciones del año. (Anexo III)

El mes más caluroso del año con un promedio de 20.9 °C de enero. El mes más frío del año es de 10.2 °C en el medio de julio. (Anexo III)

La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 171 mm. Las temperaturas medias varían durante el año en un 10.7 °C. (Anexo IV)

Dichos datos respecto al clima y precipitaciones nos permiten analizar y optar por el tipo de mezcla asfáltica a utilizar y el diseño de alcantarillas respectivamente.

La ruta se encuentra ubicada, según los datos obtenidos del INTA, en la cuenca "Mojotoro" y en la subcuenca "Mojotoro-Lavayen" la cual tiene una superficie de 6.461,73 km2 y un perímetro de 589,26 km.



Por otra parte se analizaron las curvas IDR (anexo II) de una estación próxima al camino, llamada el Angosto-Mojotoro con las cuales se pudo obtener el caudal y de así

poder determinar las alcantarillas necesarias y sus dimensiones que se desarrollarán en el capítulo 7.

CAPITULO 3: Topografía

Relevamiento topográfico y mediciones del terreno

El diseño de una carretera se inicia con el recorrido y reconocimiento del terreno. Una vez conocida la topografía del mismo se procedió a la toma de datos.

Para realizar la toma de datos se utilizó un trípode, un prisma y una estación total: aparto electro óptico, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro, un microprocesador y un teodolito electrónico. Engloba la Planimetría y la Altimetría. El modelo de la estación total utilizada es Kolida KTS 445L.

El método que se utilizó fue un polígono abierto con método de radiación en las estaciones.

Durante los meses de agosto y septiembre del año 2015, se realizaron las mediciones de los 2,6 km de la ruta provincial Nº11, partiendo desde la ruta nacional nº9.

La metodología adoptada fue tomar puntos de: el eje del camino existente, bordes izquierdos y derechos y las banquinas existentes o futuras banquinas a construir. En algunos casos se tomaron puntos extras, de manera de poder obtener curvas de niveles más precisas.

Las distancias de radiaciones se realizaron cada 30 pasos (25 metros) aproximadamente, disminuyendo esa distancia si se encontraba algún obstáculo o alcantarillas existentes.

Se llegó a realizar 35 Estaciones y tomar 659 puntos en todo el relevamiento topográfico.

Se pudo observar que en las mediciones realizadas, que la cota aumentó 33 m, partiendo del kilómetro 2,6 y llegando al punto máximo en el kilómetro 2,1 (ver anexo V punto 110, pág. 94). A partir de ese punto la ruta desciende 125,5m hasta la intersección con la ruta nacional Nº9. Con lo cual tendríamos una pendiente media del 10,46%.

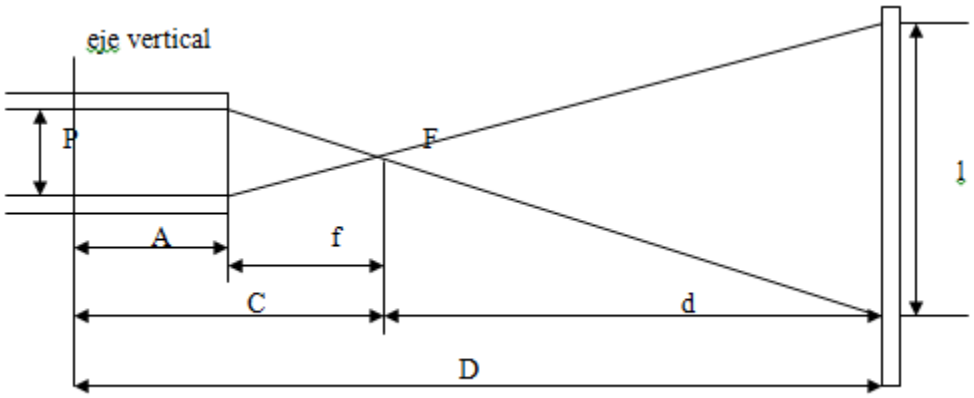
Todos los puntos tomados fueron bajados a la Pc, tabulados en Excel y luego transportados al programa Autocad Civil 3D.

En caminos de montañas la topografía planteada presenta por lo general dificultades en la accesibilidad a algunas zonas de estudio, provocando que deban utilizarse métodos de medición indirectos para la elección de la traza del camino y parte del diseño.

En nuestro caso, hubo 3 puntos a los cuales no se pudieron acceder y que eran necesarios para poder realizar los perfiles transversales, por lo cual con el reconocimiento del terreno, los datos obtenidos, herramientas computacionales y criterio se procedió a determinar los puntos correspondientes. El método adecuado para poder determinar los puntos y verificar los mismos es el "Método de determinación de distancias de forma indirecta no alineado" el cual se explica a continuación:

Determinación indirecta de distancias: cuando en el anteojo del nivel o el teodolito, aparte de los hilos horizontal y vertical, tenemos otros dos hilos horizontales, separados por una distancia p constante, decimos que este es un anteojo estadimétrico. Si apuntamos a una mira a una cierta distancia, leemos entre dichos hilos una distancia l, esta distancia se irá incrementando a medida que nos alejamos de la estación con la mira.

Sea un anteojo y una mira a una cierta distancia del eje vertical del aparato, veamos la marcha de los rayos que pasan por los hilos del retículo que están separados por una distancia p, nuestra incógnita será la distancia entre el punto de estación y el de la mira.



f = distancia focal objetivo.

A = distancia objetivo – eje vertical del aparato.

P = distancia de separación de los hilos estadimétricos del retículo.

C = distancia del foco anterior al eje vertical del aparato.

F = foco, punto de confluencia de los rayos de los hilos estadimétricos.

l = distancia en la mira de la proyección de los hilos estadimétricos.

d = distancia del foco a la mira.

D = distancia incógnita = d + C.

Con los hilos estadimétricos efectuamos dos lecturas, una con el hilo superior y otra con el hilo inferior, efectuamos la diferencia y obtenemos la longitud l en la mira.

Considerando los triángulos opuestos por el vértice f de la figura, tenemos:

$$d / l = f / P \quad = \quad d = (f * l) / P$$

Pero f es un valor constante al igual que P, luego:

$$f / P = K \quad = \quad d = K * l$$

Finalmente resulta:

$$D = C + (K * l)$$

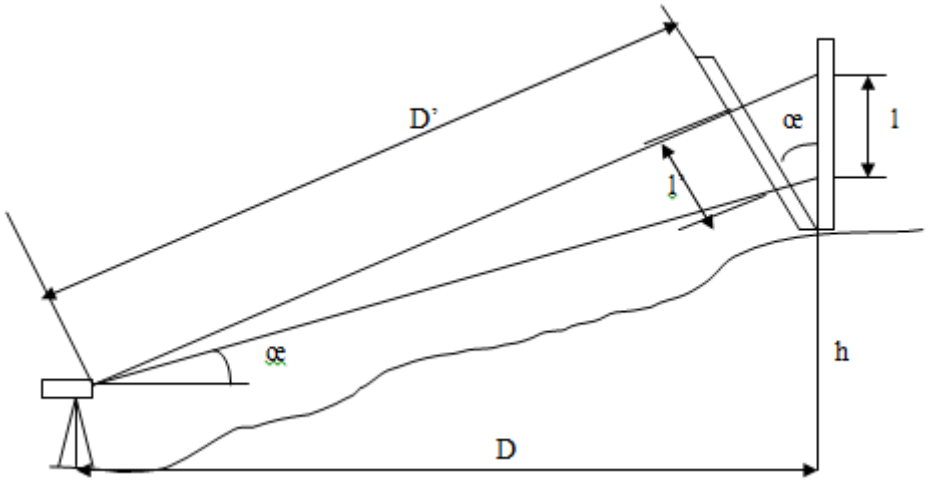
Donde C = constante de adición K = constante de multiplicación.

En la práctica y con aparatos modernos para facilitar los cálculos hacemos K = 100 y C = 0

Método para el trabajo de campo.

Una vez estacionado el aparato estadimétrico, se procede a colocar la mira en cada punto al cual se requiere obtener la distancia, se mide con una cinta la altura instrumental al centro del círculo vertical y se apunta a esa medida a la mira, leyendo los valores en los hilos superior e inferior y realizando la diferencia, la que multiplicada por 100 nos dará la distancia de separación entre el aparato y la mira.

Para el caso de que el terreno sea inclinado (caso frecuente que se da en un terreno montañoso) se realizarán los siguientes cálculos:



l = corte de mira

l' = corte de mira real por la inclinación del terreno.

D = proyección horizontal entre la distancia de la mira al aparato.

h = deferencia de altura entre el punto del aparato y la mira.

D' = la distancia estadimétrica medida.

D' = C + K * l' Pero l' = l * cos. Œ

Luego D' = C +(K * l * cos. œ)

Por otra parte

D = D' * cos œ

Reemplazando

D = C * cos œ + k * l * cos2 œ

Como C = 0, entonces

D = K * l * cos2 œ

El desnivel entre los dos puntos es:

h = D' * sen œ

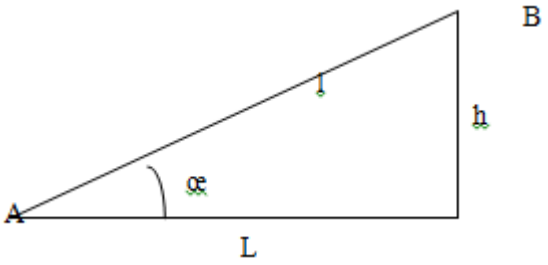
Pero

D' = C +(K * l cos œ)

Luego resulta

h = (K * l / 2) * sen2 œ

Nivelación trigonométrica: se funda en principios de la trigonometría, obteniendo el desnivel entre dos puntos a partir del conocimiento de la distancia que separa los puntos y el ángulo vertical entre ellos.



l = longitud A-B sobre el terreno medida con cinta o con mira topográfica..

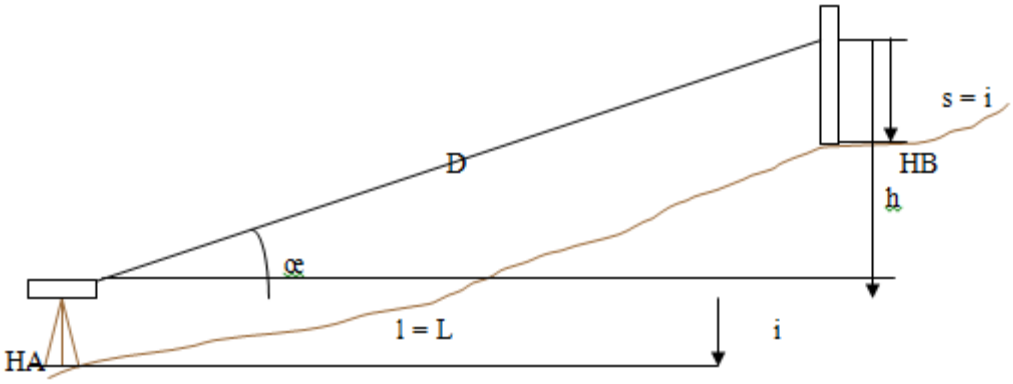
L = proyección horizontal de la longitud A-B.

œ = ángulo vertical medido en el círculo vertical de un teodolito.

h = L * Tangente. œ

h = l * seno. œ

Metodología y cálculo del desnivel y altura entre dos puntos



L = longitud que separa los puntos.

œ = ángulo vertical medido con teodolito.

i = altura instrumental medida desde el terreno al centro del círculo vertical.

s = lectura medida sobre la mira igual a la altura instrumental.

HA y HB = altura de cada punto con respecto a un plano de referencia.

Estacionamos el aparato en el punto A y colocamos la mira en el punto B, apuntamos desde A a la mira a la altura instrumental medida con cinta desde el terreno al centro del círculo vertical, medimos la longitud L y el ángulo vertical œ, y vemos que se verifica lo siguiente:

$$HA + i = HB + s - h \qquad HB - HA = h + i - s$$

Como h = L * Tangente œ y s = i

$$HB - HA = L - \text{Tangente } œ$$

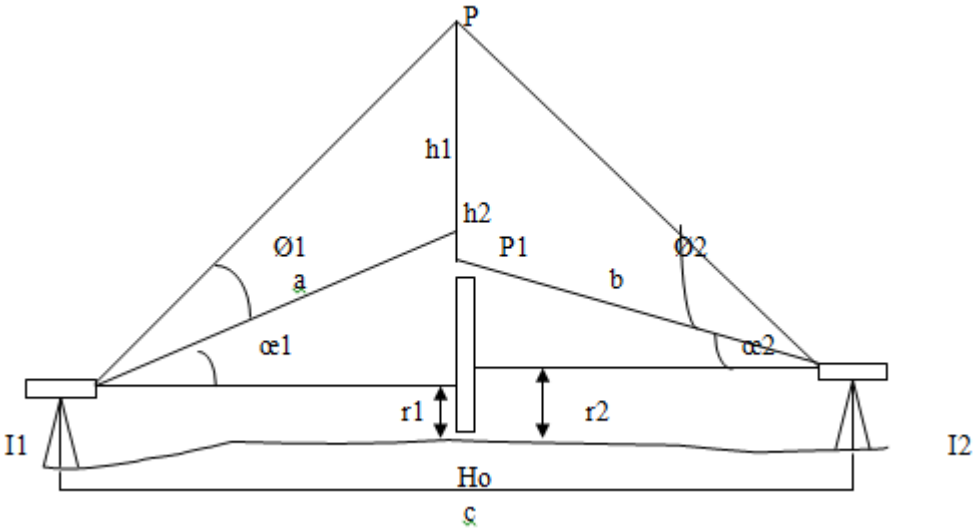
Determinación de la altura de un objeto: a través de la utilización de la trigonometría y la combinación de la medición de ángulos horizontales y verticales, se procede a determinar la altura de un objeto.

El procedimiento consiste en replantear un triángulo, en lo posible equilátero, entre la proyección del punto más elevado sobre el terreno y dos puntos convenientemente elegidos sobre la superficie más plana del lugar, los que representarán la base de dicho triángulo y cuya longitud se medirá con cinta y con buena precisión.

Desde cada vértice de la base se obtendrá los valores de los ángulos horizontales al punto de proyección sobre el terreno del objeto y los ángulos verticales de cada vértice de la base con el punto más alto de la torre, con todos los datos medidos se procederá a realizar el cálculo de la altura a través del siguiente desarrollo.

El método se aplica para determinar cotas de puntos que son inaccesibles, es decir que no podemos estacionar en el punto y por ende realizar una nivelación geométrica.

Vamos a determinar en la figura la cota del punto P a partir de la cota de un punto conocido.



c = distancia medida en el terreno con cinta.

I1 = altura instrumental en el punto 1.

I2 = altura instrumental en el punto 2.

œ1 = ángulo horizontal medido en I1.

œ2 = ángulo horizontal medido en I2.

Ø1 = ángulo vertical medido en I1.

Ø2 = ángulo vertical medido en I2.

r1 = lectura a la mira desde el punto I1, igual a la altura I1.

r2 = lectura a la mira desde el punto I2, igual a la altura I2.

La cota del punto P desde I1 sería:

$$Hp = Ho + r1 + h1$$

La cota del punto P desde I2 sería:

$$Hp = Ho + r2 + h2$$

Pero h1 = a * tg Ø1 y h2 = b tg Ø2

Para calcular a y b, calculamos el ángulo œ3 = 180 - (œ1 + œ2), y a partir de allí aplicamos el teorema del seno de la siguiente manera:

a/c = sen œ2/ sen œ3 b/c = sen œ1/ sen œ3

Luego:

a = sen œ2/ sen œ3 * c b = sen œ1/ sen œ3 * c

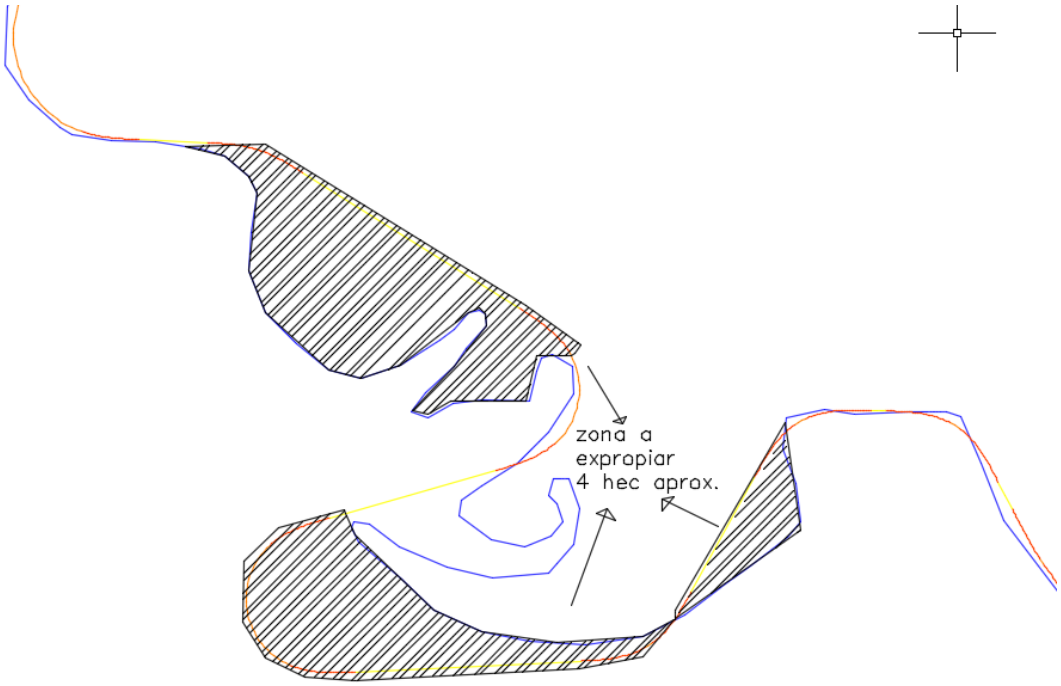
Con estos valores se calcula h1 y h2, y con h1 y h2 se calcula Hp, teniendo como contralor de cálculo que Hp debe ser igual calculado con h1 que con h2.

Por otra parte, en el reconocimiento del terreno, se observaron viviendas y una escuela ubicada en el Gallinato, aproximadamente a 5 km del proyecto. Por lo tanto también se beneficiaría con esta ruta la gente que vive en la zona o los chicos que van a esa escuela diariamente.

Con respecto al impacto ambiental para poder realizar el proyecto se deberá realizar cortes de taludes en montañas. A su vez se procederá a retirar los árboles que sean un obstáculo para la construcción del camino, debiendo plantar una vez finalizada la ruta 5 árboles por cada uno que se tale.

Durante la construcción de la ruta la misma generará polvo en suspensión.

Para poder realizar la ruta, será necesario en ciertas zonas expropiar tierras, aproximadamente 4 hectáreas.



Se deberá proveer durante la construcción de la obra, la señalización correspondiente para cumplir con las normas de higiene y seguridad. Además se determinará un sector a lo largo del camino donde se puedan acopiar materiales.

Trazado del camino

Según la clasificación de la Norma Ruhle, para una cantidad de 500 a 1500 vehículos por día, el camino en estudio corresponde a una categoria III.

En la norma de Ruhle, para una velocidad directriz de 60 km/hs, se admite un una pendiente máxima del 7%, pudiéndose aumentar la misma hasta 10% a una velocidad menor. Recordando que nuestra velocidad de diseño es de 40 km/hs, se intentó no superar el valor preestablecido.

En ciertos tramos se superó la pendiente máxima, en este caso se proyecta un tercer carril para camiones en subida, de manera de descongestionar el tránsito y en bajada una cámara de arena por alguna eventual emergencia.

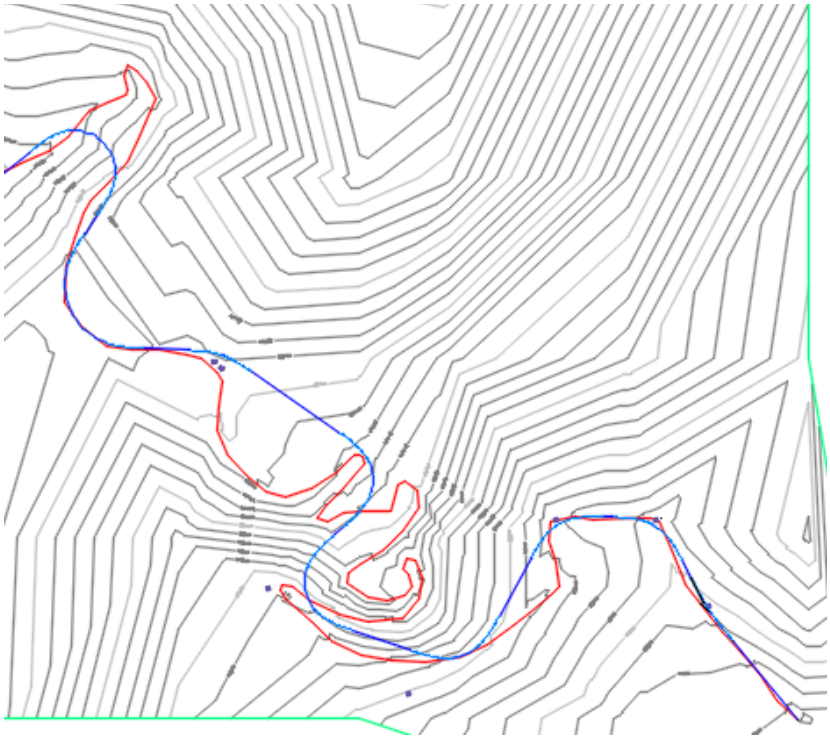
En el anexo VI se encuentra las tablas de Rühler con las características de diseños geométricos en caminos rurales.

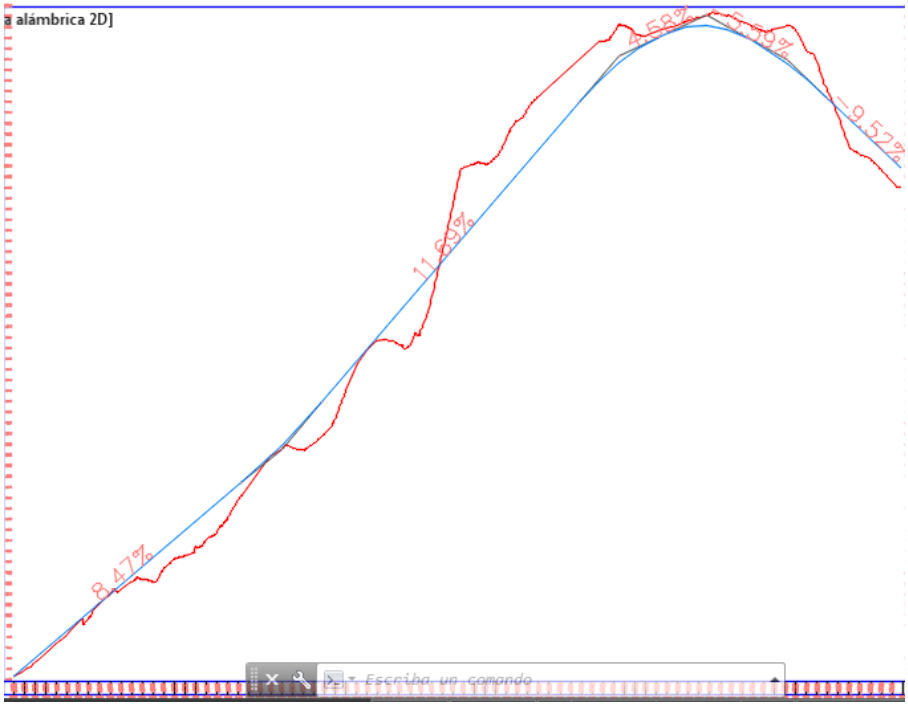
Se propuso una traza diferente al camino existente, ya que el mismo no cumplía con los radios mínimos para las velocidades de diseño, pendientes, peraltes e inclinaciones, entre otras cosas.

A si mismo se buscó reducir la cantidad de curvas que tenía el camino existente, para mayor comodidad y desplazamiento de los vehículos.

En la siguiente imagen se puede observar con rojo el camino ya existente y con azul el camino que se propuso en primera instancia (se adjunta con el conjunto de planos las siguientes imágenes para una mejor lectura PLANOS OPCIÓN 1 PLANIMETRIA – PLANOS OPCIÓN 1 ALTIMETRÍA).

Opción 1:

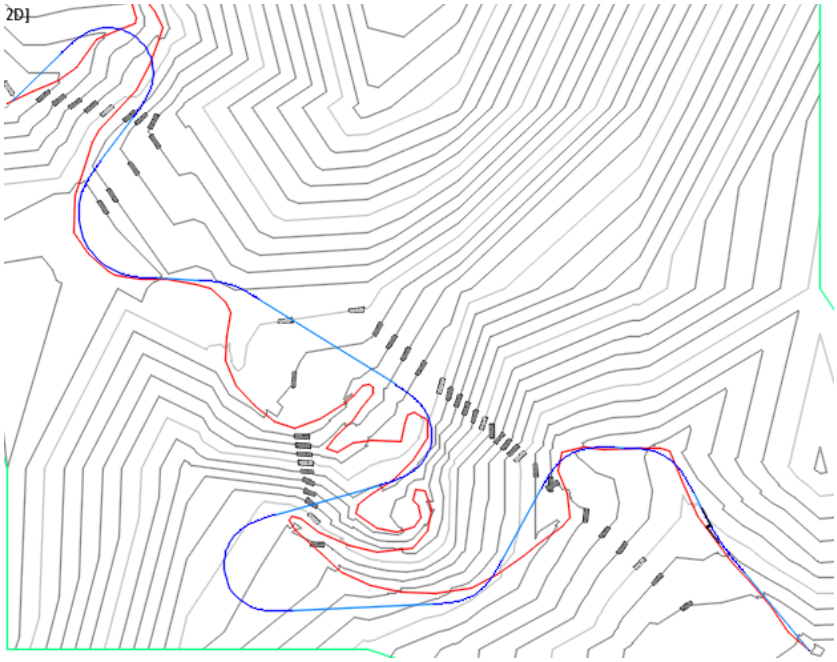


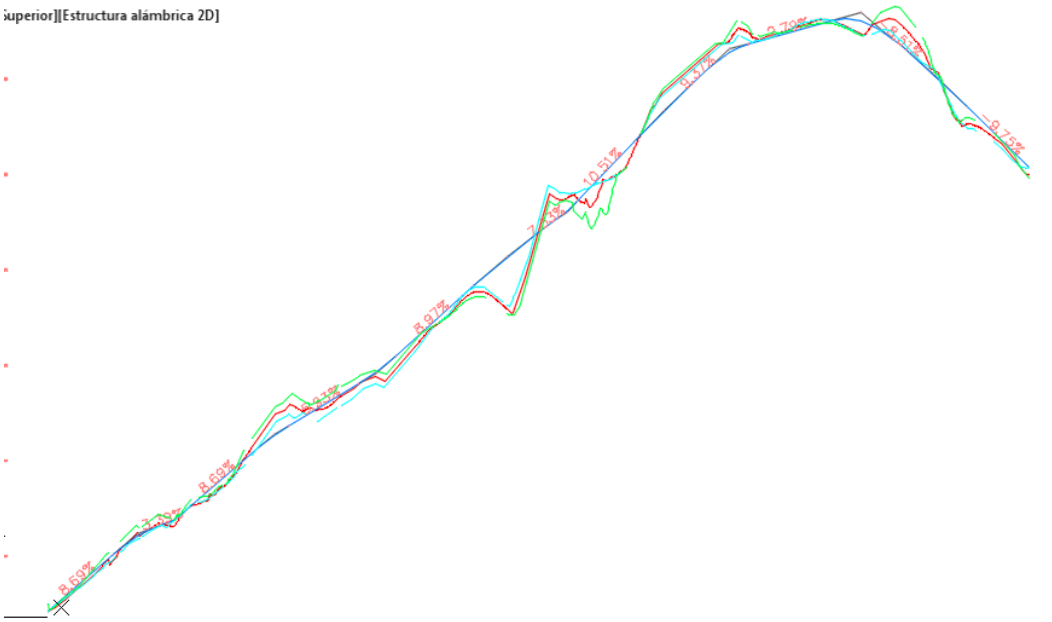


Una vez obtenida la planimetría y altimetría de la ruta propuesta, la misma llegaba a una pendiente de más del 12% en dos tramos particulares y se tenía que recurrir a un gran movimiento de suelo. Por lo tanto se propuso ampliar dos curvas de dicho tramo y después de probar varias opciones se optó por una traza definitiva, la cual contempla una pendiente máxima del 10,51% en una distancia de 202.5m y un movimiento de suelo razonable con el camino.

En la siguiente imagen se observan el camino existente con línea roja y la traza azul es el camino definitivo adoptado en el proyecto. (se adjunta con el conjunto de planos PLANOS OPCIÓN 2 PLANIMETRIA FINAL – ALTIMETRÍA).

Opción 2:





Ancho de calzada

La calzada es el lugar destinado a la circulación de los vehículos. Tomando en cuenta este aspecto su ancho deberá contemplar la presencia de dos vehículos circulando en direcciones opuestas. Así mismo debe agregarse un sobre ancho que se calculará a continuación.

Para caminos de montaña las normas indican anchos de calzada menores que los de igual categoría pero distinta topografía. Esto se justifica por dos razones:

1) La velocidad directriz es menor por lo tanto el conductor experimenta una sensación de mayor seguridad al cruzarse con un vehículo que circula en dirección opuesta.

2) Para no estimular al conductor a tomar velocidades mayores, incompatibles con los parámetros de diseño.

Además para la determinación del ancho de calzada y de banquina se tuvo en cuenta, las normas de diseño geométrico de caminos Ruhle (anexo VI). La misma nos indica las longitudes a considerar, dependiendo de la cantidad de vehículos que circulan por día y del tipo de camino.

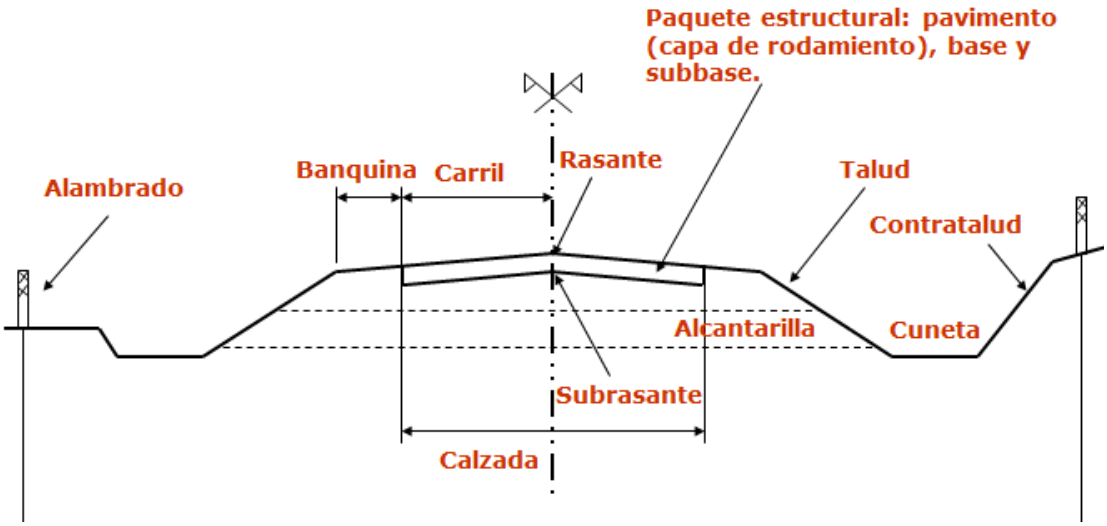
Según la clasificación de esta Norma, para una cantidad de 500 a 1500 vehículos por día, nuestro camino es de tipo III, considerando que la ruta tiene una longitud total de 39 km y los primeros 2,6 km son zona montañosa, es decir el tramo que se analiza en esta tesis. La velocidad directriz en este tramo se reducirá a 40 km/hs, permitiendo reducir el ancho de calzada a 6 m y el de banquina a 1.25m.

CAPITULO 4: planimetría y altimetría

El perfil longitudinal es la intersección de la superficie definida como carretera con un plano vertical que se desarrolla a lo largo del eje del camino.

La rasante es la intersección entre la superficie y el plano vertical.

El perfil transversal es el que se obtiene cortando la superficie con un plano vertical perpendicular al eje del camino.



Para realizar el diseño de la carretera, se tuvieron en cuenta los distintos parámetros geométricos que definen a la superficie (Radios de curvas horizontales, curvas verticales, ancho de calzada, peralte, pendientes, entre otros).

Previamente se define a la **planimetría** como *"parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala de todos los detalles interesantes del terreno sobre una superficie plana (plano geometría), prescindiendo de su relieve y se representa en una proyección horizontal".*[6]

La planimetría del proyecto se realizó con el programa "Autocad Civil 3D", calculando las curvas horizontales con la teoría de la Catedra: Vías de Comunicación.

Distancia de visibilidad

Distancia de detención: Se denomina así a la distancia que recorre, sobre una calzada en condiciones favorables, un conductor de habilidad media, manejando a velocidad directriz, un vehículo en condiciones mecánicas aceptables, desde el instante que observa un obstáculo imprevisto en el camino, hasta el momento en que se detiene. El tiempo de detención se compone en dos partes:

a) Tiempo de percepción y reacción, es decir el lapso que transcurre desde que el conductor observa el obstáculo hasta que acciona el pedal de freno.
b) El tiempo de frenado, desde que el conductor acciona el pedal del freno hasta que el vehículo se detiene.

[6](wikipedia s.f.)

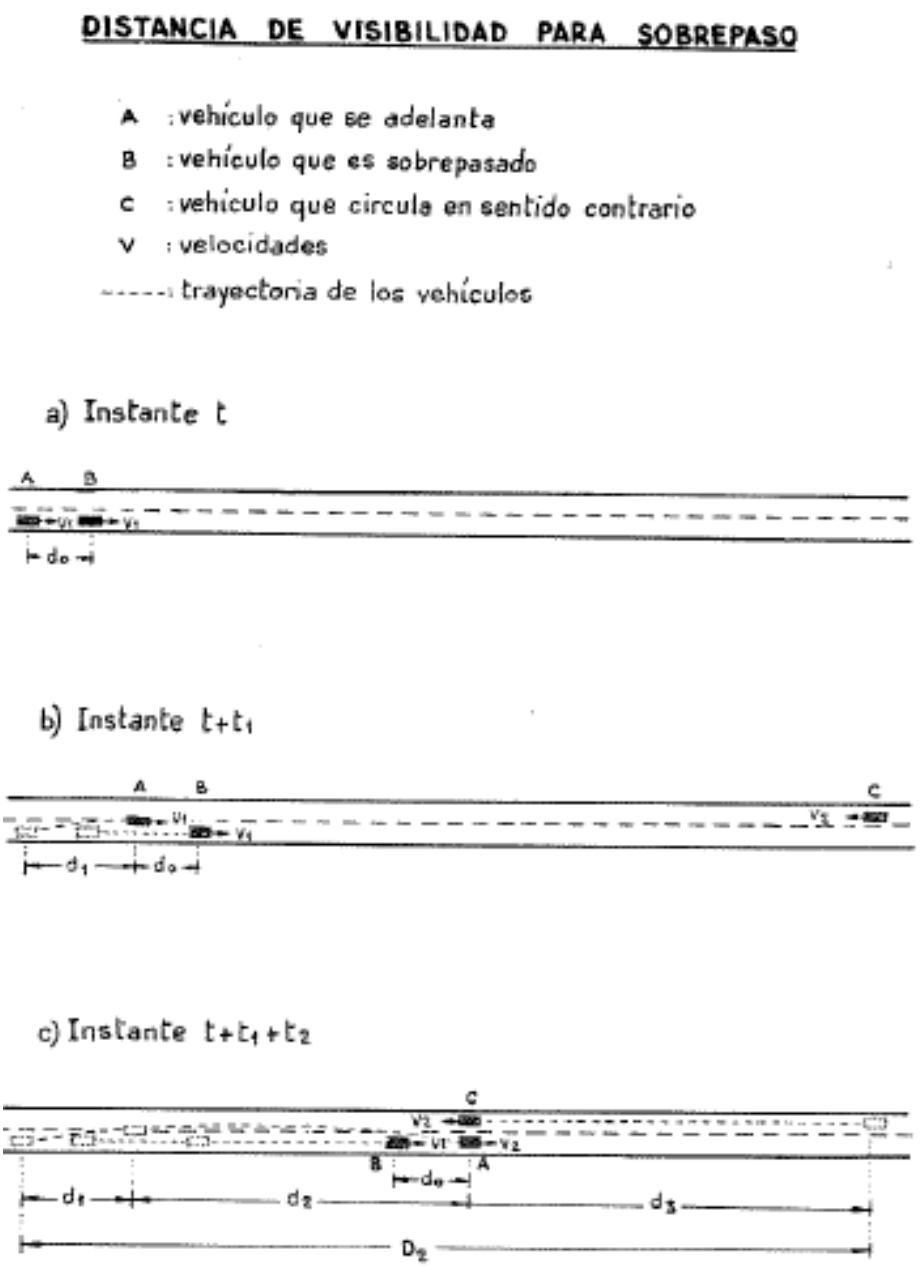
Según las tablas de Ruhle (Anexo VII) la distancia de detención para una velocidad directriz de 40 km/hs es de 43.22 m.

Distancia de sobrepaso: Para efectuar, en condiciones seguras, una maniobra de sobrepaso en un camino de dos trochas indivisas, el conductor deberá divisar, delante de su vehículo una sección de camino, que en una longitud suficiente, se encuentre libre de vehículos circulando en sentido contrario.

Las hipótesis que se formulan para determinar la longitud que debe ser abarcada por la visual del conductor para efectuar una maniobra de sobre paso segura son:

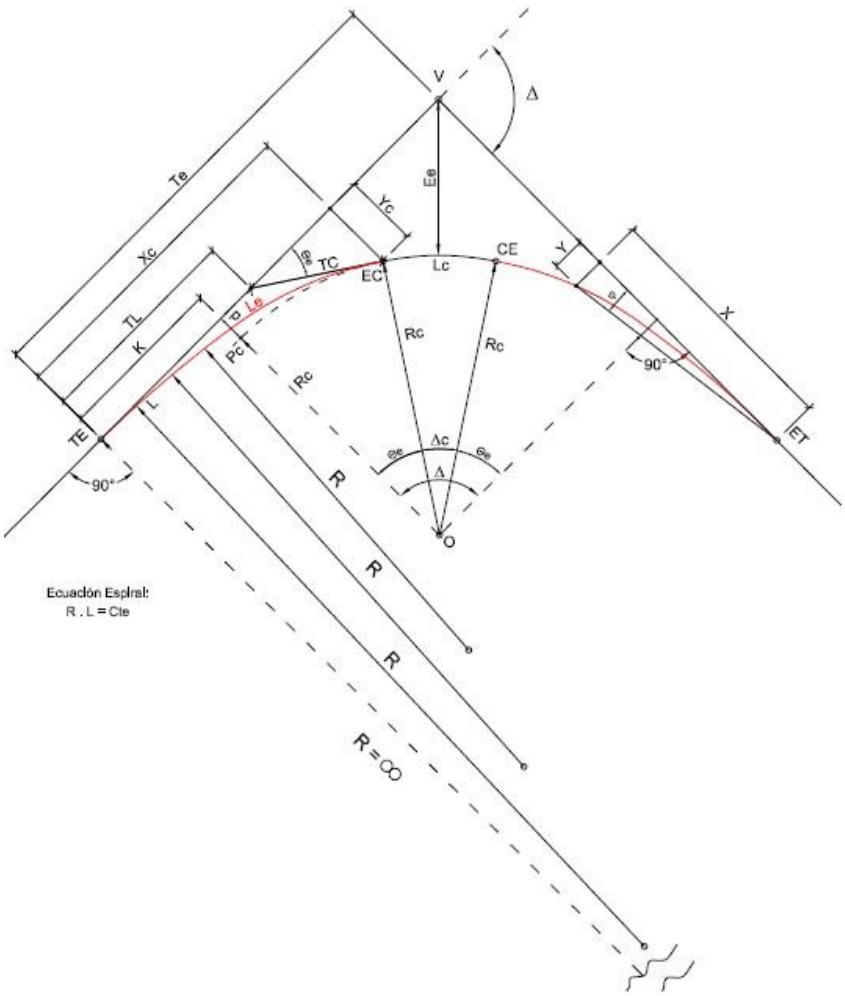
a) El vehículo que debe ser sobrepasado circula a la velocidad media de marcha.
b) El tiempo de percepción, evaluación, de las posibilidades de sobrepaso reacción y comienzo de la aceleración se estima 4 segundos.
c) El coche que sobrepasa circula a la misma velocidad del vehículo que tiene adelante.
d) El promedio de velocidad del vehículo que sobrepasa, desde que inicia su desplazamiento hacia la trocha izquierda, hasta cuando retorna a la derecha, supera los 15km/hs al del vehículo sobrepasado.
e) La calzada izquierda debe quedar libre en una longitud adicional d3, de manera que permita que un vehículo que sobrepasa circule en sentido contrario a una velocidad V2 igual a la del vehículo que se adelanta, la recorra en el mismo tiempo que tarda el primero en desplazarse a la trocha izquierda, y retomar a la trocha derecha.

Según el cuadro de Ruhle, para una Velocidad de 40 km/hs, la distancia de sobre paso que se adopta es de 260 m.



Curvas horizontales

Las curvas horizontales son aquellas que están definidas por un arco de circunferencia.



Definida la traza a partir del relevamiento topográfico y establecida la velocidad de diseño de 40 km/hs. Se procedió al cálculo de los radios mínimos y los correspondientes peraltes.

Metodología a seguir para el cálculo de las curvas horizontales:

Se adopta un peralte máximo del 10% y un ángulo Δ para cada vértice de la traza propuesta. A modo de ejemplo se especifica el cálculo de la segunda curva del camino.

a) <u>Radio mínimo</u>

1. Cálculo del Radio mínimo

$$R = \frac{0{,}36xv^2}{127\,p} = \frac{0.36x40^2}{127x0.10} = 45.35$$

2. Se adopta un radio Rc, de manera tal que Rc > R
   Rc = 50 m
3. Se recalcula el peralte

$$p = \frac{0{,}36Vd^2}{127Rc1} = \frac{0.36x40^2}{127x50} = 0.09 = 9\%$$

b) <u>Curva de transición</u>

Al pasar de una alineación recta a una curva circular bruscamente aparece una fuerza centrífuga la cual provoca dos consecuencias: incomodidad y peligro de

deslizamiento. Para evitar estos efectos se introduce una transición entre el alineamiento recto y circular.

1. Cálculo de la longitud espiral mínima:

$$Lemin = \frac{Vd^3}{28Rc} = \frac{40^3}{28x50} = 45.71$$

2. Se adopta una longitud espiral de manera tal que Le > Lemin
   Le = 46 m
3. Cálculo de los ángulos Θe1 y Δc1

$$\Theta e1 = \frac{Le1}{2Rc} = \frac{46}{2x50} = 26.36º$$

$$\Delta c1 = \Delta 1 - 2x\Theta e1 = 61.15 - 2x26.36 = 8.44$$

4. Cálculo de la longitud circular:

$$Lc1 = \frac{2\Pi R}{360}\Delta c1 = 7.36 \text{ m}$$

5. Para la definición de la curva se calculan los valores de: K, P, TL, TC, Te, Ee y las coordenadas Xc, Yc, los mismos se pueden observar en el gráfico anterior.

- $K = \frac{Le}{2} = 23\ m$
- $P = \frac{Le1^2}{24Rc} = 1.76\ m$
- $TL = \frac{2}{3}Le = 30.67$ m
- $Tc = \frac{Le}{3} = 15.33$ m
- $Te = (Rc + P1)xtg\frac{\Delta 1}{2} + K = 53.58$
- $Ee = \frac{Rc+P}{cos\frac{\Delta 1}{2}} - Rc = 10.12$
- $Xc = Le = 46$ m
- $Yc = \frac{Le^2}{6Rc} = 7.05\ m$

c) <u>Longitud de desarrollo:</u> es la longitud total de la curva

$$Ds = 2Le + Lc = 2x46 + 7.36 = 99.36$$

d) <u>Progresiva:</u> es la distancia desde cualquier punto al origen, siguiendo la parte recta y el desarrollo de la curva, normalmente se asigna progresiva 0,00 al punto inicial.

- $Prog\ TE1 = d1 - Te1 = 218.83$
- $Prog\ ET1 = Prog\ Te1 + Ds1 = 264.83$
- $Prog\ CE1 = Prog\ TE1 + LE1 + Lc = 272.19$
- $Prog\ EC1 = Prog\ TE1 + Lc1 = 318.19$

e) <u>Sobreancho</u>: Cuando un vehículo circula por una curva horizontal, el ancho de la calzada que ocupa es mayor que en la parte recta. Eso se debe a que las ruedas traseras del vehículo siguen una trayectoria distinta a las de las ruedas delanteras y a que los conductores tienen generalmente dificultad en mantener su vehículo en el eje del carril correspondiente. A fin de facilitar la operación del vehículo en las curvas, el ancho de las calzadas debe aumentarse. Éste aumento del ancho recibe el nombre de sobreancho de las curvas.

El Sobre ancho total se calculó para cada curva con la siguiente fórmula:

$$S1 = n(Rc - \sqrt{Rc^2 - L^2 - l1^2 - L1^2} + \frac{Vd}{10\sqrt{Rc}}$$

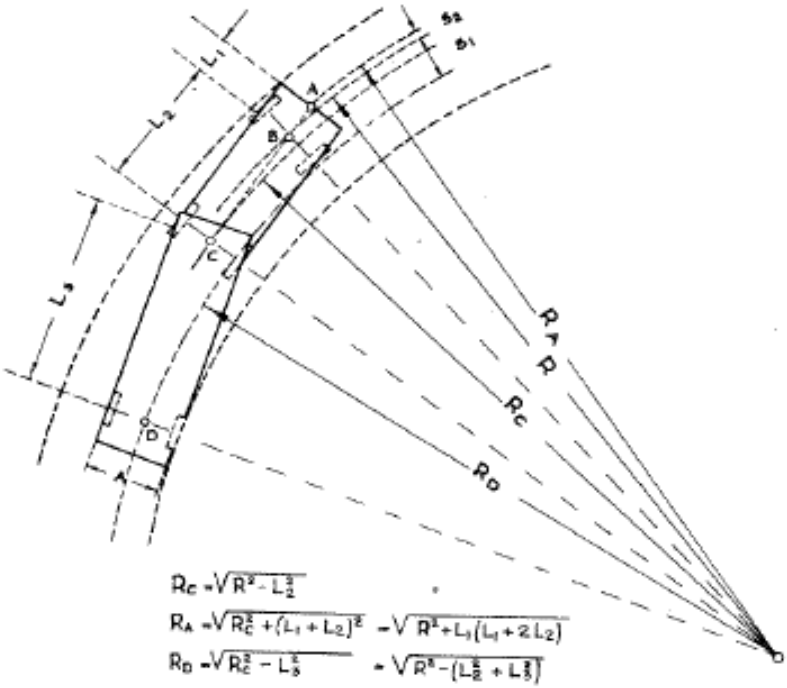
n =	2	número de trochas
L (m) =	4,3	longitud del camión
l1 (m) =	1,2	vínculo del camión al acoplado
L1(m) =	6,4	Acoplado
S (m) =	1,79	

Queda determinado que en esta ruta circularan autos, camionetas y solamente camiones con semirremolque.

SOBREANCHO EN LAS CURVAS

Dimensiones del semirremolque adoptado para el diseño:

$L_1 = 1{,}20$ m.
$L_2 = 4{,}30$ m.
$L_3 = 6{,}40$ m.



$R_C = \sqrt{R^2 - L_2^2}$

$R_A = \sqrt{R_C^2 + (L_1 + L_2)^2} = \sqrt{R^2 + L_1(L_1 + 2L_2)}$

$R_D = \sqrt{R_C^2 - L_3^2} = \sqrt{R^2 - (L_2^2 + L_3^2)}$

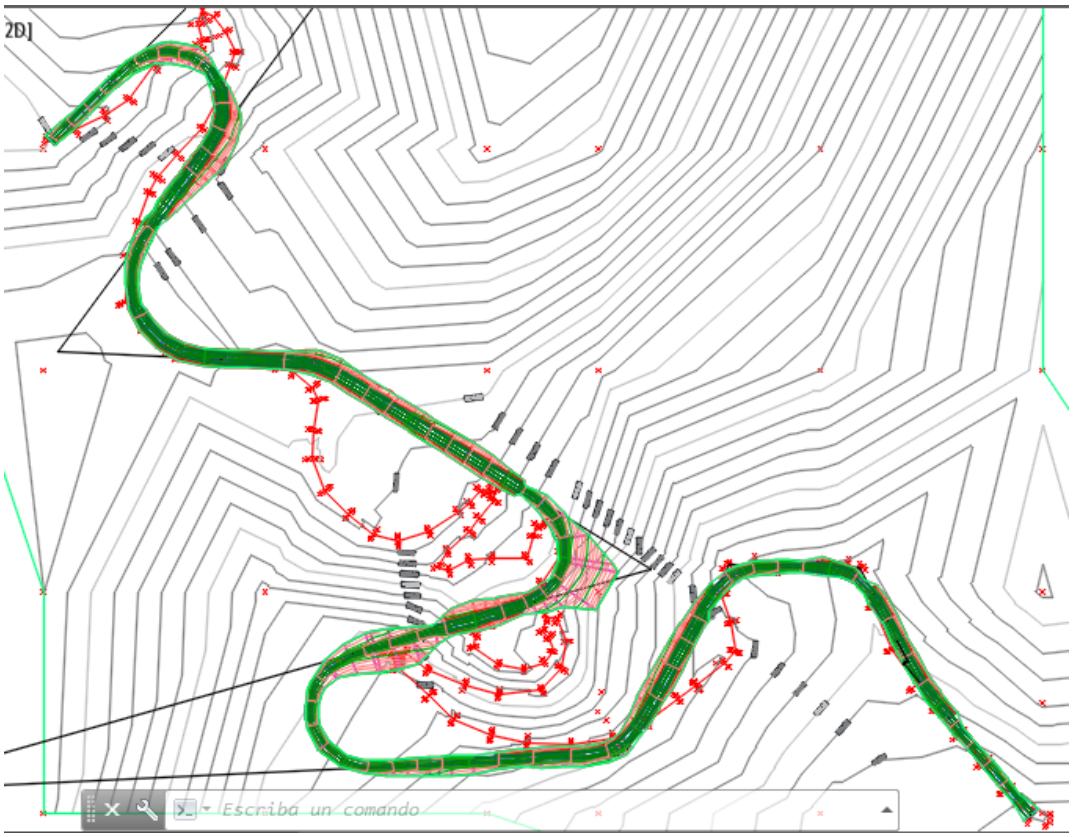
Sobreanchos:

$S_1 = R - R_D = R - \sqrt{R^2 - (L_2^2 + L_3^2)}$

$S_2 = R_A - R = \sqrt{R + L_1(L_1 + 2L_2)} - R$

$S_V = \frac{V}{10\sqrt{R}}$ (por dificultad de maniobrar en las curvas)

Como se muestra en la siguiente imagen (adjuntada a su vez en él conjunto de planos PLANIMETRÍA CON VERTICES), la traza del camino, cuenta con nueve vértices, por lo que se realizó el cálculo de nueve curvas horizontales (Anexo VI). Para mismo se realizaron planillas en Excel.



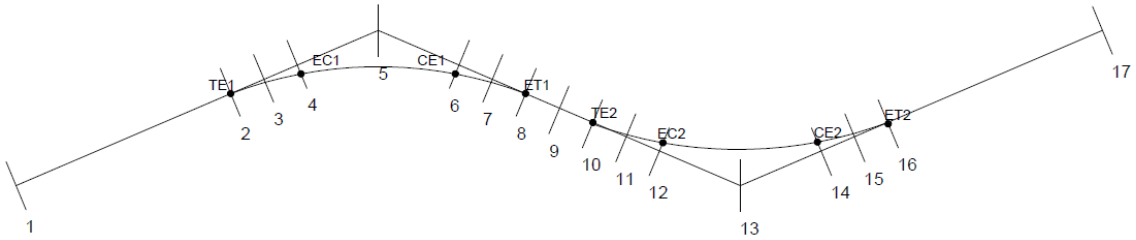
En la siguiente tabla resumen se observa los valores obtenidos para cada curva en particular.

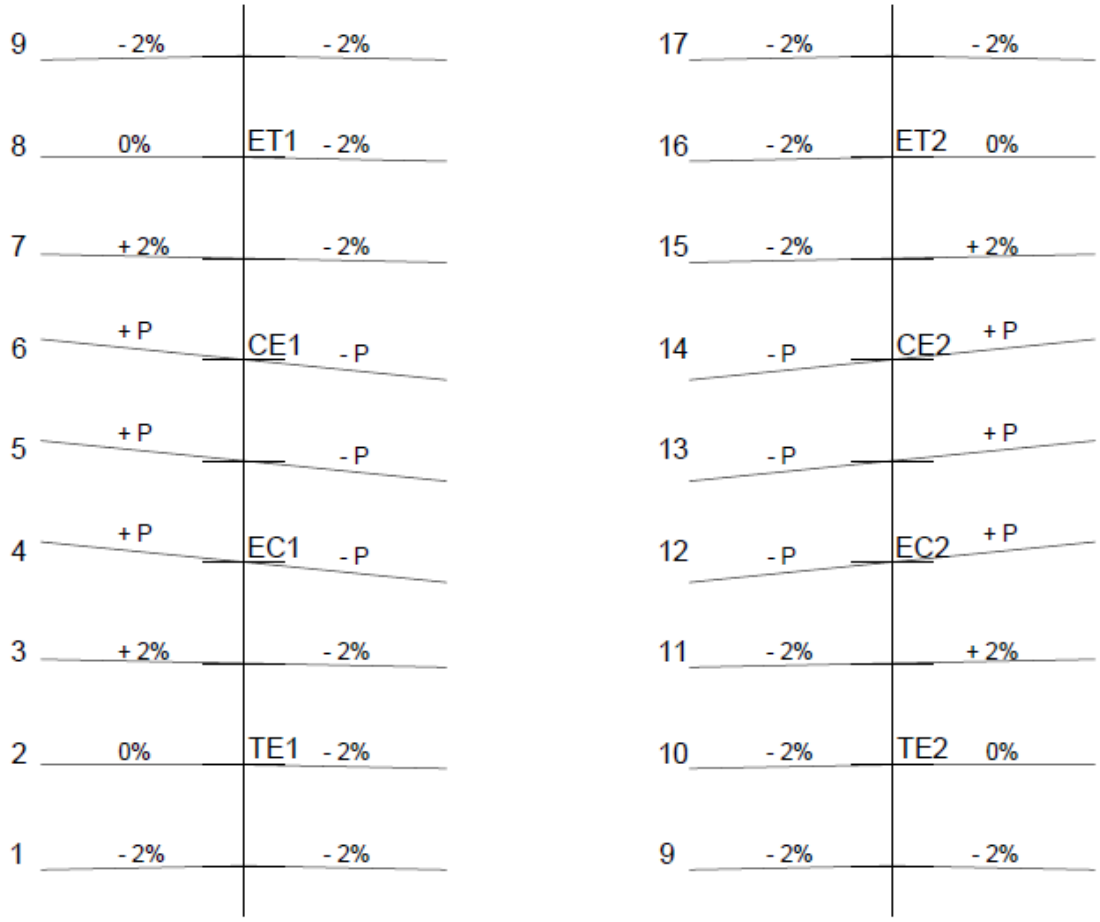
Curvas Horizontales											
Nº	Δ	R adop	P adop	Le	Lc	DS	prog TE	prog EC	prog CE	prog ET	S
1	12.64	200	0.02	40	4.13	84.13	114.10	154.10	158.23	198.23	0.59
2	61.15	50	0.09	46	7.36	99.36	218.83	264.83	272.19	318.19	1.79
3	62.71	50	0.09	46	8.73	100.73	327.93	373.93	382.65	428.65	1.79
4	58.35	50	0.09	46	4.92	96.92	518.54	564.54	569.46	615.46	1.79
5	166.91	50	0.09	46	99.65	191.65	770.74	816.74	916.39	962.39	1.79
6	132.07	50	0.09	46	69.25	161.25	1081.03	1127.03	1196.29	1242.29	1.79
7	29.42	70	0.06	35	0.94	70.94	1418.17	1453.17	1454.11	1489.11	1.35
8	123.85	70	0.06	40	111.34	191.31	1535.73	1575.73	1687.03	1727.03	1.35
9	171.41	50	0.09	46	103.59	195.59	1786.96	1832.96	1936.55	1982.55	1.79

Transición del peralte

El peralte es la pendiente transversal que se da en las curvas a la calzada de una carretera, con el fin de compensar parte de la fuerza centrífuga que se genera cuando el vehículo circula por la misma.

En el siguiente grafico se observa la transición que sigue el peralte en las curvas horizontales, designando como P al peralte adoptado en cada curva TE a la tangente espiral, EC espiral curva, CE curva espiral y ET espiral tangente.





Como se puede observar en la tabla resumen de las curvas horizontales, el peralte mínimo obtenido en el diseño de la ruta es del 2,27% y el peralte máximo del 9.07% cumpliendo con lo reglamentación de la norma Ruhle. En el plano de peraltes se puede observar la transición de los mismos y en los perfiles transversales las inclinaciones mencionadas.

Altimetría

*"La **altimetría** (también llamada **hipsometría**) es la rama de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o "cota" de cada punto respecto de un plano de referencia. Con la altimetría se consigue representar el relieve del terreno".*[7]

[7](wikipedia s.f.)

Curvas verticales:

En una curva vertical tipo i1, i2 son las pendientes de la misma, Pc el principio de curva y Fc el fin de curva.

En este proyecto se calcularon 10 curvas verticales. A modo de ejemplo a continuación se desarrolla el cálculo de la primera curva vertical.

Cálculo del ángulo α y de la pendiente i

$$tg\ \alpha 1 = \frac{h}{d} = \frac{16.28}{187.27} = 0.0869$$

$$i1(\%) = \frac{h}{d} x100 = 8.69\ \%$$

$$tg\ \alpha 2 = \frac{h}{d} = \frac{2.63}{77.78} = 0.0338$$

$$i2(\%) = \frac{h}{d} x100 = 3.38\ \%$$

La curva que se utiliza es una parábola porque es la que asegura que la "variación de la pendiente" es una constante.

Ecuación de la parábola:

$$y = \frac{i2 - i1}{200L} X^2 + \frac{i1}{100} X = \frac{3.38 - 8.69}{200x100} 100^2 + \frac{8.69}{100} x100 = 3.68$$

Para determinar la longitud L mínima de la curva utilizamos la siguiente fórmula:

$$Lmin = \frac{Dd^2(i1 - i2)}{430} = \frac{42.66x(8.69 - 3.38)}{430} = 22.46\ m$$

Donde Dd = d1 + d2

Se adopta una longitud de curva de manera que L > Lmin.

L = 100 m

En el plano de Altimetría adjunto se muestra el perfil transversal de la carretera y la rasante. Para lo cual tuvimos que realizar 10 curvas verticales.

En la siguiente tabla resumen se puede observar los resultados obtenidos en las curvas verticales:

Curvas Verticales							
Nº	Vértice		Pendientes		L	Pc	Fc
	Progresiva	Cota	i1(%)	i2(%)			
1	187,27	925,1	8,69	3,38	100	137,27	237,27
2	265,05	927,73	3,38	8,69	30	250,05	280,05
3	473,98	945,89	8,69	5,93	60	443,98	503,98
4	691,1	958,77	5,93	8,97	80	651,1	731,1

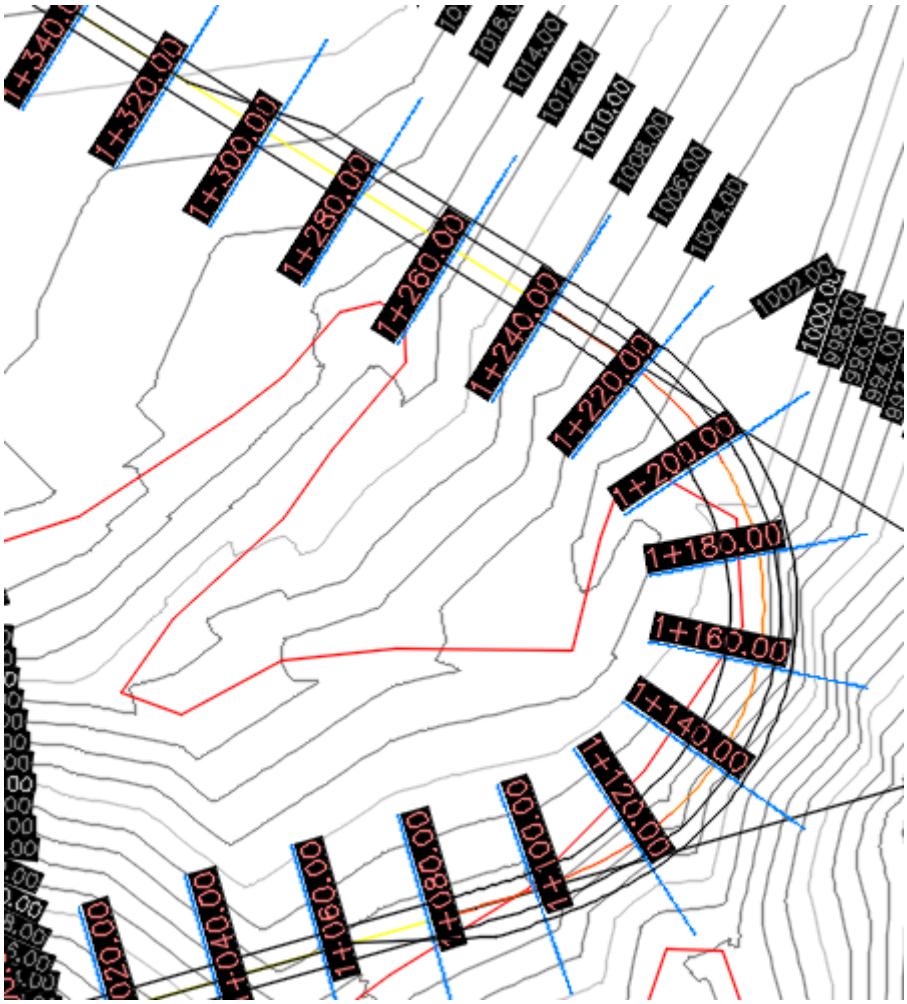
5	962,72	983,14	8,97	7,33	140	892,72	1032,72
6	1091	992,54	7,33	10,51	40	1071	1111
7	1927,4	1013,68	10,51	9,37	120	1232,24	1352,24
8	1428,67	1026,5	9,37	2,78	80	1388,97	1468,97
9	1706,52	1034,23	2,78	-8,51	130	1641,52	1771,52
10	1858,4	1021,3	-8,51	-9,75	140	1788,4	1928,4

Pendiente máxima: En general, la influencia de las pendientes, con relación a la circulación de vehículos aislados, se hace sentir mucho más fuertemente sobre la velocidad de camiones que sobre automóviles. Según las normas de Rühle la pendiente recomendada para este tipo de caminos varía entre 8% al 10%. Sin embargo considera que para camiones sin remolque y automóviles, en situaciones desfavorables, la pendiente máxima será del 18% (norma Ruhle – Capitulo II: características geométricas del diseño3º:2-pendientes anexo VI).

Considerando lo mencionado, luego de haber realizado distintas trazas para el camino y de analizar un estudio económico del movimiento de suelo a ejecutar, se optó reducir la pendiente máxima a 10,51%, en una longitud de 203.5 m.

Como se mencionó anteriormente en dicho trayecto, curva 7 se proveerá de un tercer carril de 3 metros de ancho, en sentido ascendente de manera tal de evitar congestión de tránsito. Dado que con elevadas pendientes y longitudes extensas provoca que los camiones desarrollen velocidad muy reducida.

Y se recomienda de un lecho de arena próxima al carril descendente, para que los camiones o vehículos puedan detenerse en caso de alguna emergencia y evitar accidentes.



Secciones transversales:

Una vez obtenido el perfil longitudinal se procedió a realizar los perfiles transversales de la ruta, los mismos se realizaron cada 20 m. Para realizar los mismos, se consideró un ancho de calzada de 3m en cada carril, una banquina de 3 m en cada extremo, un terraplén en 1:1.5 m y un desmonte 1:1.

Como se puede observar en las secciones transversales y en la planilla de movimiento de suelo, predomina el terraplén en los siguientes tramos:

- Progresiva 0 a 100.
- Progresiva 700 a 1020.
- Progresiva 1100 a 1240.
- Progresiva 1640 a 1720.
- Progresiva 1860 hasta el final del camino.

Y los tramos en los que predomina el desmonte son:

- Progresiva 440 a 540
- Progresiva 1020 a 1100.
- Progresiva 1240 a 1640.
- Progresiva 1720 a 1860

En los tramos que restan tenemos terraplén hacia un lado y desmonte hacia el otro.

Diagrama de Bruckner:

El diagrama de Bruckner nos sirve para la compensación de volúmenes de suelo y la determinación de distancia de transporte. En el diagrama diseñamos 6 cámaras. Se adjunta en los conjuntos de planos el diagrama de Bruckner con la planilla de movimientos de suelos. Cómo se puede observar en el primer diagrama, al final de la última cámara nos faltaría terraplén.

CAMARA	I	II	III	IV	Vb	Vc	Vd	VI
					Va			
Superficie [cm2]	4232,16	3124,11	3230,76	210103,58	21008,83	160798,98	3241,66	26302,57
					675418,82			
Momento de transporte [Hm.m3]	423,22	312,41	323,08	21010,36	2100,88	16079,90	324,17	2630,26
					67541,88			
Volumen [m3]	416,89	467,44	806,11	6421,47	3455,53	8903,70	5269,93	3114,32
					10240,51			
Distancia media de transporte [Hm]	1,02	0,67	0,40	3,27	0,61	1,81	0,06	0,84
					6,60			

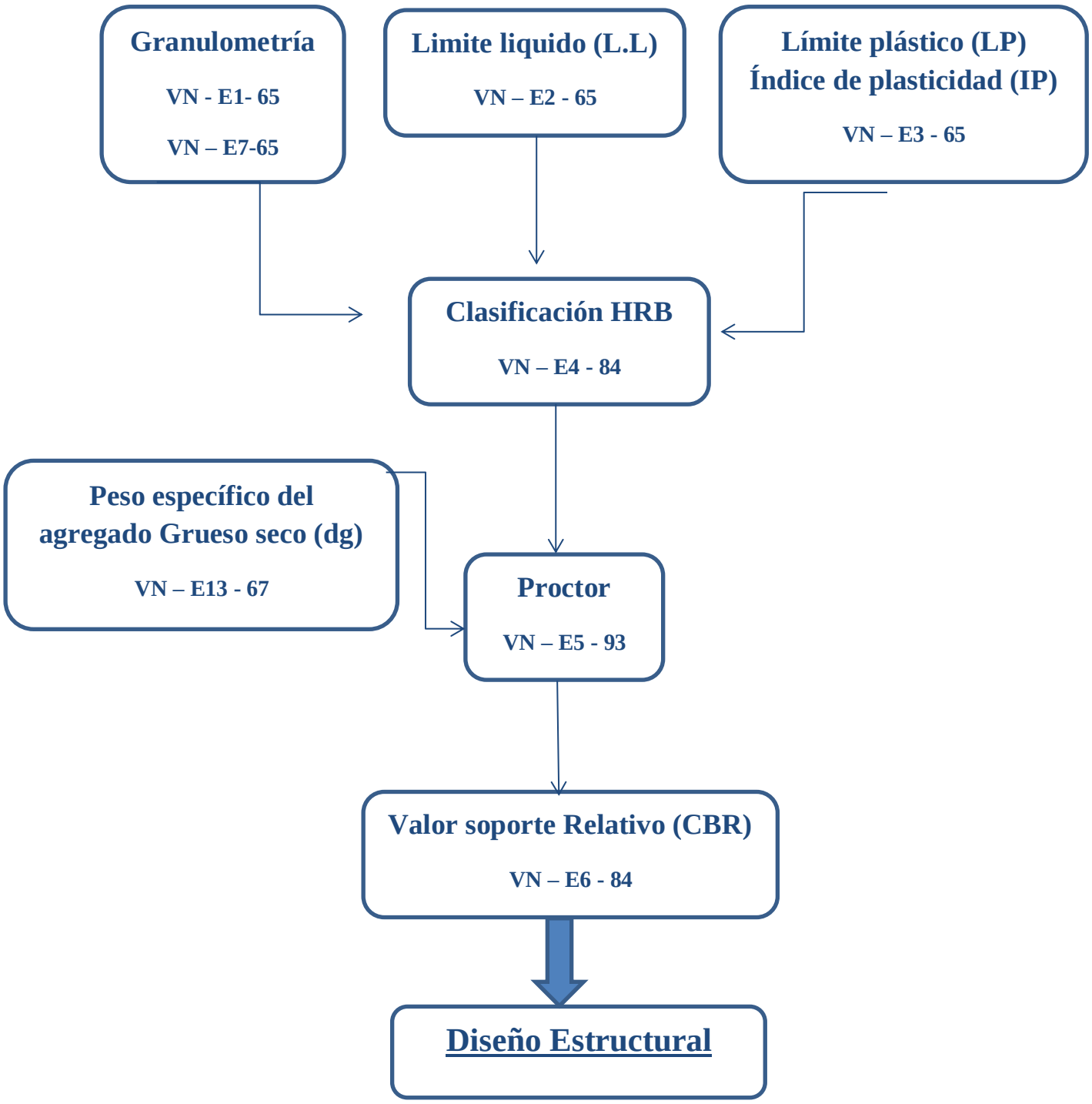
En el segundo diagrama de Bruckner se modificaron las cámaras 5 y 6 ya que por distancias de transportes, sería más económico realizar el terraplén antes de la cámara 5.

CAPITULO 5: Estudio de suelo

Para realizar el diseño del paquete estructural, previamente se tomaron muestras de suelos cada 2 kilómetros y se realizaron ensayos de laboratorio, con los cuales se determinó el CBR o VSR (Valor soporte relativo) del suelo.

En este proyecto bastó con tomar dos muestras de suelos. Los pozos se realizaron a una profundidad de: 1,20 m. De los cuales se obtuvieron tres muestras de suelos en cada pozo a una profundidad de 0,40 metros, 0,80 metros y 1,20 metros respectivamente.

Una vez obtenida la misma, se realizó el procedimiento esquematizado a continuación para poder clasificar el tipo de suelo que se encuentra en el terreno.



Granulometría del Material:

Consiste en determinar el tamaño de las partículas y el porcentaje con que entra en la formación de la masa de suelo en peso. Los 3 parámetros fundamentales que se tuvieron en cuenta fueron: forma de las partículas, dureza de las partículas y granulometría.

Para determinar el tamaño de las partículas se lo hace de una forma indirecta mediante cribas o tamices. En este proyecto se utilizaron tamices y se siguió la norma VN-E7-65 (Anexo 10)

Constante físicas de los suelos:

Las constantes físicas de los suelos (también llamadas Límite de Consistencia o Límite de Atterberg) son porcentajes de humedad a partir de los cuales el suelo cambia su comportamiento mecánico. Las constantes físicas que se determinaron en el laboratorio para poder realizar la clasificación del suelo fueron:

- Limite Líquido (LL): Es el porcentaje de humedad necesario para que un suelo pase de estado líquido a estado plástico. Previamente el suelo se encontraba en un estado líquido y el mismo comienza a perder humedad, hasta llegado el momento en el que el suelo mantiene su forma pero se lo puede moldear sin que se rompa.
- Limite Plástico (LP): Es el porcentaje de humedad necesario para que un suelo pase de un estado plástico a un estado sólido. El suelo sigue perdiendo humedad hasta que al pretender modelarlo se rompe o se desmenuza.
- Índice plástico (IP): Nos indica la humedad necesaria para que el suelo se mantenga en un estado plástico y se lo calcula con la siguiente fórmula:

$$IP = LL - LP$$

Para determinar el Limite Líquido se siguieron las indicaciones del ensayo VN – E2 – 65 (anexo 10), en el cual se utiliza el aparato de Casa Grande (cápsula de bronce que gira alrededor de un punto y tiene una manivela).

APARATO SEMIAUTOMATICO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO

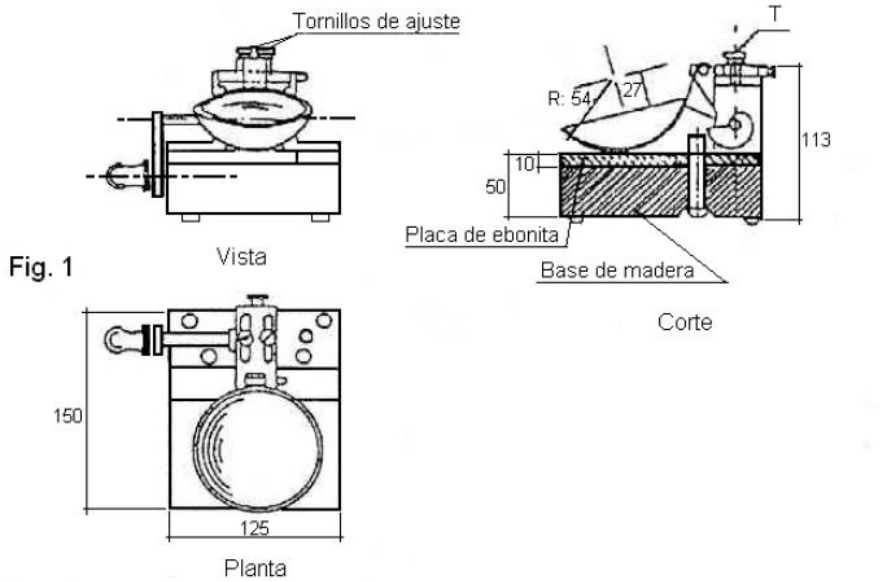
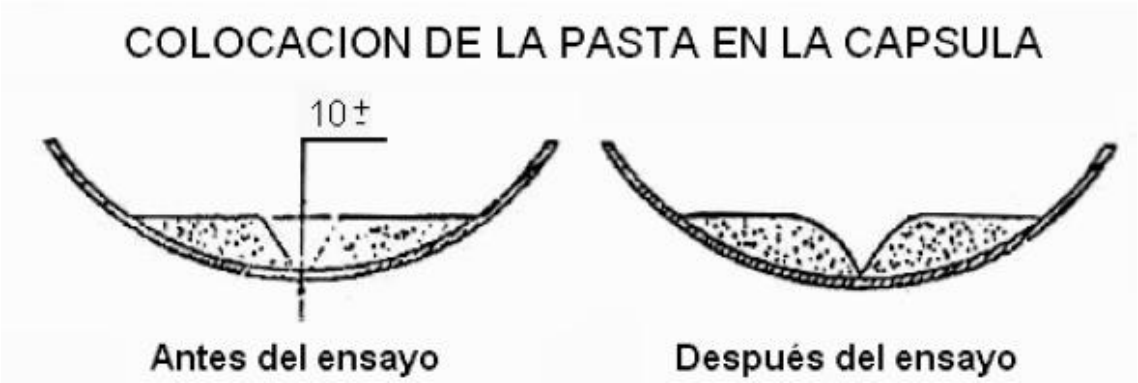


Fig. 1

Se tomaron 50 gramos del pasante del tamiz Nº40. Se mezcló y se agregó agua en una cápsula de porcelana. Se pasó una porción a la capsula de bronce y se realizó una mueca con el acanalador. Se acciono la manivela levantando y dejando caer la capsula de bronce hasta que las dos partes del suelo separadas por el acanalador se juntaron en una longitud de 1cm. Con este ensayo determinamos el número de golpes (N)

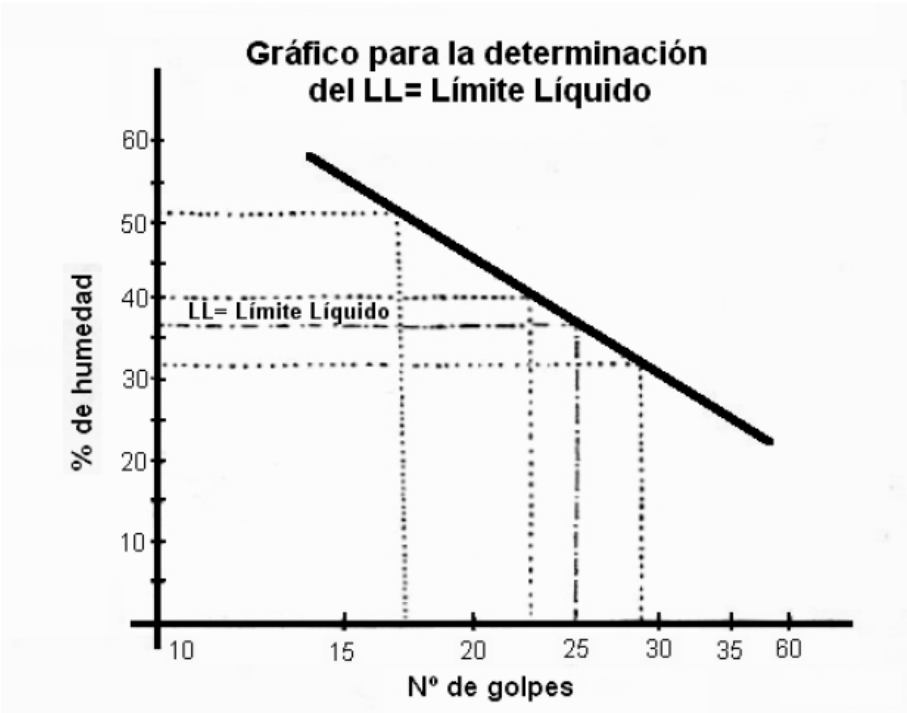
necesarios para que se una la muestra. "N" debe estar comprendido entre 20 y 30 golpes, ya que el límite líquido corresponde a un N = 25 golpes.



Se tomó una porción de la muestra y se colocó en el pesa filtro, llevándola a la balanza obtuvimos el peso húmedo (Ph). Luego se llevó a estufa y se determinó el peso seco (Ps). Con los mismos pudimos obtener el porcentaje de humedad (H%) y una vez obtenido el mismo se pudo obtener el límite líquido (L.L)

$$H\ (\%) = \frac{Ph - Ps}{Ps - Pf} x100$$

$$LL(\%) = \frac{H\ (\%)}{1.419 - 0.3 \log N}$$



Para determinar el Limite Plástico se siguieron las indicaciones del ensayo VN – E3 – 65 (anexo 10), se tomaron 20 gramos de muestra aproximadamente, y se la humedeció con agua potable. Se la hizo rodar con la palma de la mano sobre una superficie lisa no absorbente hasta formar cilindros de 3 mm de diámetro hasta que al

llegar a dicho tamaño aparecieron las primeras fisuras superficiales. Se tomó la muestra y se la colocó en el pesafiltro y con la misma al pesarla se determinó el peso húmedo (Ph). Se secó en estufa y se determinó el peso seco (Ps). Luego con la siguiente fórmula se pudo calcular el límite plástico.

$$LP = \frac{Ph - Ps}{Ps - Pf} x100$$

Una vez obtenido el limité plástico y el límite líquido se calculó el índice de plasticidad y se pudo clasificar el suelo, según la clasificación H.R.B (VN-E4-84 – anexo 10).

"El sistema de clasificación de suelos del H.R.B, para obras de ingeniería, está basado en el comportamiento de los suelos utilizados en obras viales. Los suelos de similares capacidades portantes y condiciones de servicio, fueron agrupados en siete grupos básicos, desde el A-1 al A-7.*

Los suelos de cada grupo tienen, dentro de ciertos límites, características en común. A menudo, dentro de cada grupo hay una amplia variación en las capacidades portantes, cuyos valores pueden ser comunes a distintos grupos.

La calidad de los suelos, para ser utilizados en subrasantes, va disminuyendo desde el A-1 al A-7, que es el más pobre.

En los últimos años, estos siete grupos básicos de suelos, fueron divididos en subgrupos y se ideó el índice de grupo, para diferenciar aproximadamente algunos suelos dentro de cada grupo. Los índices de grupo, aumentan su valor con la disminución de la condición del suelo para constituir subrasantes. El crecimiento delíndice de grupo, en cada grupo básico de suelos, refleja los efectos combinados de los crecimientos del límite líquido e índice de plasticidad, y el decrecimiento de los materiales gruesos en detrimento de la capacidad portante de las subrasantes".[8]

Por lo tanto se puede definir al índice de grupo como un número adimensional, que permite determinar a priori la calidad del suelo desde el punto de vista vial. El mismo se calcula con la siguiente fórmula:

$$Ig = (F - 35)\big(0.2 + 0.005(LL - 40)\big) + 0.01(F - 15)(IP - 10)$$

Por otra parte, la clasificación de suelos comprende dos grandes conjuntos, el de los materiales granulares con 35 % o menos pasando el tamiz IRAM 75 micrómetro (Nº 200) y el de los materiales limo-arcillosos, conteniendo más del 35 % que pasa al tamiz IRAM 75 micrómetros (Nº 200).

En la siguiente tabla resumen se representan los resultados obtenidos de todos los ensayos mencionados anteriormente de los 2 pozos y sus distintas profundidades. Como se puede observar los ensayos se realizaron para profundidades de 0.80 m y 1.20 m ya que una vez retirado el manto vegetal, el suelo a una profundidad de 0.60 m era prácticamente igual que 0.80 m.

[8](Direccional nacional de vialidad s.f.)

CLASIFICACION DE SUELOS

RUTA PROV Nº 11 (LaCalderilla) SALTA 18/05/2017

PROFUNDIDAD : (MTS)		POZO 1_ 0,80		POZO 1_ 1,20		POZO 2_ 0,80		POZO 2_ 1,20	
Tamices y Aberturas en (mm)		PESOS (grs)	(%)	PESOS (grs)	(%)	PESOS (grs)	(%)	PESOS (grs)	(%)
2 1/2"	RETIENE	0		0		0		0	
53,8	PASA	300	100,0	300	100,0	200	100,0	200	100,0
2"	RETIENE	0		0		0		0	
50,8	PASA	300	100,0	300	100,0	200	100,0	200	100,0
1 1/2"	RETIENE	0		0		0		0	
38,1	PASA	300	100,0	300	100,0	200	100,0	200	100,0
1"	RETIENE	0		0		0		0	
25,4	PASA	300	100,0	300	100,0	200	100,0	200	100,0
3/4"	RETIENE	0		0		0		0	
18,1	PASA	300	100,0	300	100,0	200	100,0	200	100,0
3/8"	RETIENE	0		0		0		0	
9,53	PASA	300	100,0	300	100,0	200	100,0	200	100,0
Nº 4	RETIENE	0		0		0		0	
4,76	PASA	300	100,0	300	100,0	200	100,0	200	100,0
Cuarteo sobre		300		300		200		200	
Factor		1,00		1,00		1,00		1,00	
Nº 10	RETIENE	1,4		3,0		0,0		0,0	
2,00	PASA	299	99,5	297	99,0	200	100,0	200	100,0
Nº 40	RETIENE	10,5		7,0		2,2		2,3	
0,42	PASA	288	96,0	290	96,7	198	98,9	198	98,9
Nº 200	RETIENE	58,1		34,8		72,0		64,0	
0,074	PASA	230	76,7	255	85,1	126	62,9	134	66,9
PESO SECO INICIAL (grs)		300		300		200		200	
		L.L	L.P	L.L	L.P	L.L	L.P	L.L	L.P
PESA FILTRO Nº		16	17	17	16	12	13	12	13
P.F. + S.H = (a) grs		62,3	49,5	45,9	56,8	71,3	49,3	72,9	51,8
P.F. + S.S. = (b) grs		57,2	47,4	43,2	54,2	66	48,2	66,5	50,2
TARA PESA FILTRO = (c) grs		41	36,2	36,2	41,0	44,3	40,9	44,3	40,9
AGUA = (a-b) = (d) grs		5,1	2,1	2,7	2,6	5,3	1,1	6,4	1,6
SUELO SECO = (b-c) = (e) grs		16,2	11,2	7	13,2	22	7,3	22,2	9,3
% DE HUMEDAD = (d/e) * 100 = (f)		31,5		38,6		24,4		28,8	
Nº DE GOLPES		22		20		28		26	
FACTOR = K		1,017		1,029		0,985		0,995	
LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO		31,0	18,8	37,5	19,7	24,8	15,1	29,0	17,2
INDICE PLASTICO = (L.L - L.P)		12,2		17,8		9,7		11,8	
CLASIFICACION SEGUN H.R.B		A 6 -9		A 6 -10		A 4 - 6		A 6 - 7	

Se puede observar que el tipo de suelo obtenido en los dos pozos y en los dos estratos representa a suelos finos. Los cuales generalmente son resultado de mezclas de arena, limos y arcilla.

Para el primer pozo tenemos un tipo de suelo A6, se denomina areno-arcilloso. Es una mezcla de arena y arcilla. Este tipo de suelo es regular para subrasante, por lo tanto más adelante se analizarán la posibilidad de realizar la subrasante con material del camino o bien hacer un cambio de suelo.

Para el segundo pozo tenemos un tipo de suelo A4 y A6. El suelo A4 se denomina areno-limoso y es bueno para la subrasante. Por lo tanto en el caso de utilizar el material del lugar para realizar la subrasante deberíamos utilizar este tipo de suelo.

Una vez determinado el tipo de suelo, se determinó el peso específico del agregado grueso seco (dg) con la norma VN – E13 – 67 (anexo 10) y se procedió a determinar el contenido de humedad óptima del suelo y la densidad seca máxima a través de la teoría de compactación (Ensayo Proctor)

Teoría de Compactación:

En 1933, Proctor utilizó cuatro variables para estudiar la compactación: peso unitario seco, contenido de humedad del suelo, energía de compactación y tipo de suelo. Determino que al compactar un suelo se tiene las siguientes ventajas:

- Se establece un contacto más firme entre las partículas.
- Las partículas de menor tamaño, pasan a ocupar los vacios dejados por ls partículas de mayor tamaño.
- Por lo tanto la capacidad de absorber agua en un suelo quedará reducida por el efecto de la compactación.
- Cuando un suelo se compacta aumenta su valor soporte y se hace más estable.

Proctor elaboró un método de laboratorio que produce las condiciones de campo y que permite predecir dentro de ciertos límites las condiciones de compactación de un suelo dado.

Cuando se compacta un suelo bajo condiciones de humedad y se relaciona las densidades secas con la cantidad de humedad respectiva, se obtiene la curva de compactación. El máximo en dicha curva de compactación define en abscisas el porcentaje óptimo de contenido de humedad y en ordenadas la densidad seca máxima (Ds).

En la rama seca a medida que aumenta el contenido de humedad también lo hace la densidad seca del suelo, esto se debe a que a medida que se aumenta agua al suelo la resistencia disminuye y las partículas se reubican haciendo más compacta la masa de suelo y disminuyendo los espacios vacíos entre las partículas y mermando por consiguiente la capacidad de absorber agua.

Si se incrementa aún más el contenido de humedad (Rama Humedad) el agua ya no tiene más espacios vacíos para ocupar, comienza a separar las partículas (HINCHAMIENTO). Si la humedad se sigue incrementando, llegará el momento en el que el suelo se satura y ya no hay más disminución de los vacíos y por lo tanto ya no hay más compactación.

En el laboratorio se realizó el ensayo de Próctor siguiendo con la norma VN-E5-93 (anexo 10), se realizó el ensayo varias veces con distintos contenidos de humedad para poder trazar adecuadamente la curva y determinar la densidad seca máxima. Para realizar el ensayo proctor se utilizó la siguiente tabla y se determinó la energía de compactación con la fórmula:

$$Ec = \frac{PxhxNxn}{vol}$$

Siendo el cociente el volumen interno del molde.

Para determinar la densidad húmeda y la densidad seca se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$Dh = \frac{Ph - Pm}{V}$$

$$Ds = \frac{Dhx100}{100 + H\%}$$

Donde

Ph: peso del molde con el material compactádo húmedo

Pm: peso del molde

H%: porcentaje de humedad

En las siguientes tablas se observan los resultados obtenidos para cada pozo, en cada profundidad, con sus curvas respectivamente:

ENSAYO DE COMPACTACION

SALTA 18/05/17

MATERIAL : SUELO
LA CALDERILLA RUTA 11

POZO Nº 1 - 0,80 MTS PROFUNDIDAD

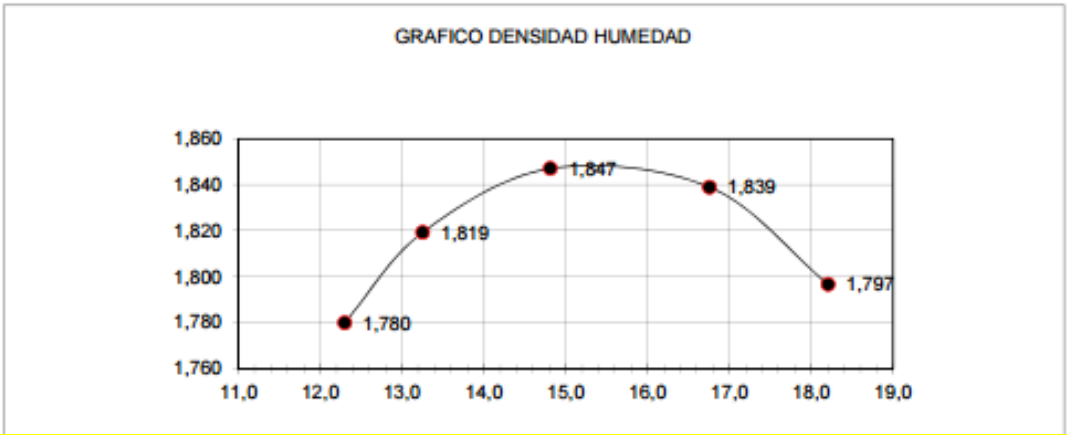
PUNTO N°	APROX AGUA	PESO MOL + SH grs	PESO MOLDE grs	PESO SUELO H grs	VOLUMEN MOLDE Cm3	Peso Especifico Aparente Kg/m3 HUMEDA	Peso Especifico Aparente Kg/m3 SECA
1		4294	2405	1889	945	1,999	1,780
2		4352	2405	1947	945	2,060	1,819
3		4409	2405	2004	945	2,121	1,847
4		4434	2405	2029	945	2,147	1,839
5		4412	2405	2007	945	2,124	1,797

GRANULOMETRIA TAMICES	%
2"	
1 1/2"	
1"	
3/4"	
3/8"	
N° 4	
N° 10	99,5
N° 40	96,0
N° 200	76,7

DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD

PUNTO N°	PF + SH grs	PF + S.S grs	TARA PF grs	AGUA grs	SUELO SECO Gramos	% HUMEDAD
1	300	278,1	100	21,9	178,1	12,3
2	300	276,6	100	23,4	176,6	13,3
3	300	274,2	100	25,8	174,2	14,8
4	300	271,3	100	28,7	171,3	16,8
5	300	269,2	100	30,8	169,2	18,2

PROCTOR TIPO T99
CLASIFICACION
A 6 (9)
D. MAXIMA
1,850
H. OPTIMA
15,50



Pozo 1: 0.80 m. Suelo A6 (9)

D max: 1.85

H. óptima: 15.5

ENSAYO DE COMPACTACION

SALTA 18/05/17

MATERIAL : SUELO
LA CALDERILLA RUTA 11

POZO Nº 1 - 1,20 MTS PROFUNDIDAD

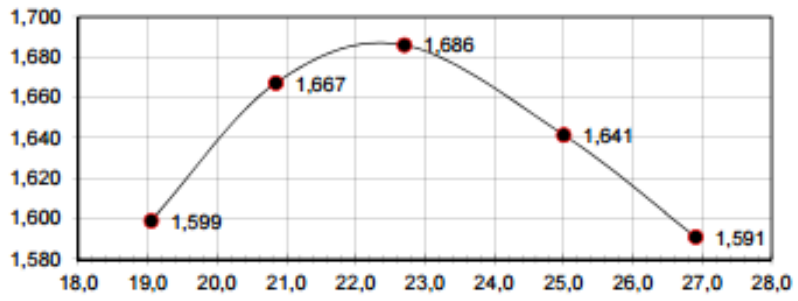
PUNTO N°	APROX AGUA	PESO MOL + SH grs	PESO MOLDE grs	PESO SUELO H grs	VOLUMEN MOLDE Cm3	Peso Especifico Aparente Kg/m3 HUMEDA	Peso Especifico Aparente Kg/m3 SECA	GRANULOMETRIA TAMICES	GRANULOMETRIA %
1		4204	2405	1799	945	1,904	1,599	2"	
2		4309	2405	1904	945	2,015	1,667	1 1/2"	
3		4360	2405	1955	945	2,069	1,686	1"	
4		4344	2405	1939	945	2,052	1,641	3/4"	
5		4313	2405	1908	945	2,019	1,591	3/8"	
								N° 4	
								N° 10	99,0
								N° 40	96,7
								N° 200	85,1

DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD

PUNTO N°	PF + SH grs	PF + S.S grs	TARA PF grs	AGUA grs	SUELO SECO Gramos	% HUMEDAD
1	300	268	100	32	168,0	19,0
2	300	265,5	100	34,5	165,5	20,8
3	300	263	100	37	163,0	22,7
4	300	260	100	40	160,0	25,0
5	300	257,6	100	42,4	157,6	26,9

PROCTOR TIPO T99	
CLASIFICACION	
A 6 (10)	
D . MAXIMA	
1,687	
H . OPTIMA	
22,50	

GRAFICO DENSIDAD HUMEDAD



Pozo 1: 1.20 m. Suelo A6 (10)

D max: 1.687

H. óptima: 22.50

ENSAYO DE COMPACTACION

SALTA 19/05/17

MATERIAL : SUELO
LA CALDERILLA RUTA 11

POZO Nº 2 - 0,80 MTS PROFUNDIDAD

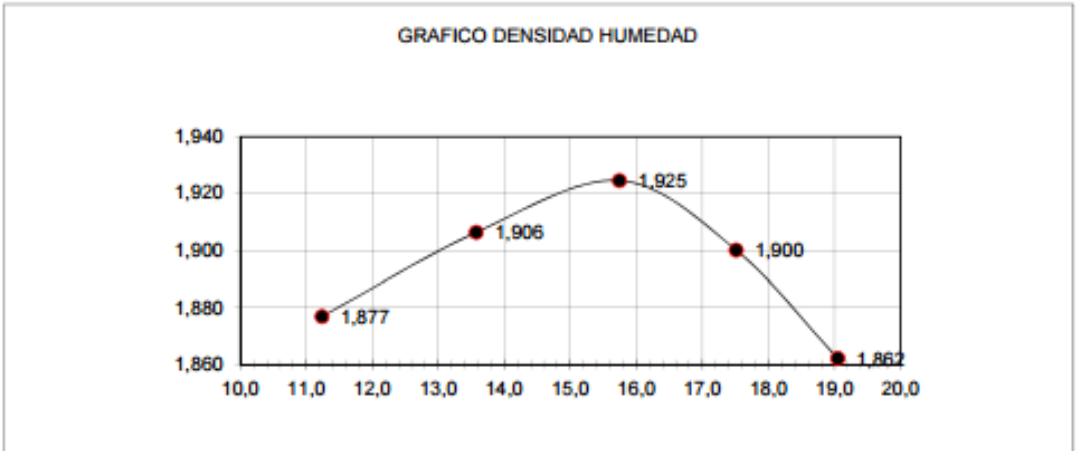
PUNTO N°	APROX AGUA	PESO MOL + SH grs	PESO MOLDE grs	PESO SUELO H grs	VOLUMEN MOLDE Cm3	Peso Especifico Aparente Kg/m3 HUMEDA	Peso Especifico Aparente Kg/m3 SECA
1		4378	2405	1973	945	2,088	1,877
2		4451	2405	2046	945	2,165	1,906
3		4510	2405	2105	945	2,228	1,925
4		4515	2405	2110	945	2,233	1,900
5		4500	2405	2095	945	2,217	1,862

GRANULOMETRIA TAMICES	%
2"	
1 1/2"	
1"	
3/4"	
3/8"	
N° 4	
N° 10	100,0
N° 40	98,9
N° 200	62,9

DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD

PUNTO N°	PF + SH grs	PF + S.S grs	TARA PF grs	AGUA grs	SUELO SECO Gramos	% HUMEDAD
1	300	279,8	100	20,2	179,8	11,2
2	300	276,1	100	23,9	176,1	13,6
3	300	272,8	100	27,2	172,8	15,7
4	300	270,2	100	29,8	170,2	17,5
5	300	268	100	32	168,0	19,0

PROCTOR TIPO T99	
CLASIFICACION	
A 4 (6)	
D . MAXIMA	
1,925	
H . OPTIMA	
15,50	



Pozo 2: 0.80 m. Suelo A4 (6)

D max: 1.925

H. óptima: 15.50

ENSAYO DE COMPACTACION

SALTA 22/05/17

MATERIAL : SUELO
LA CALDERILLA RUTA 11

POZO Nº 2 - 1,20 MTS PROFUNDIDAD

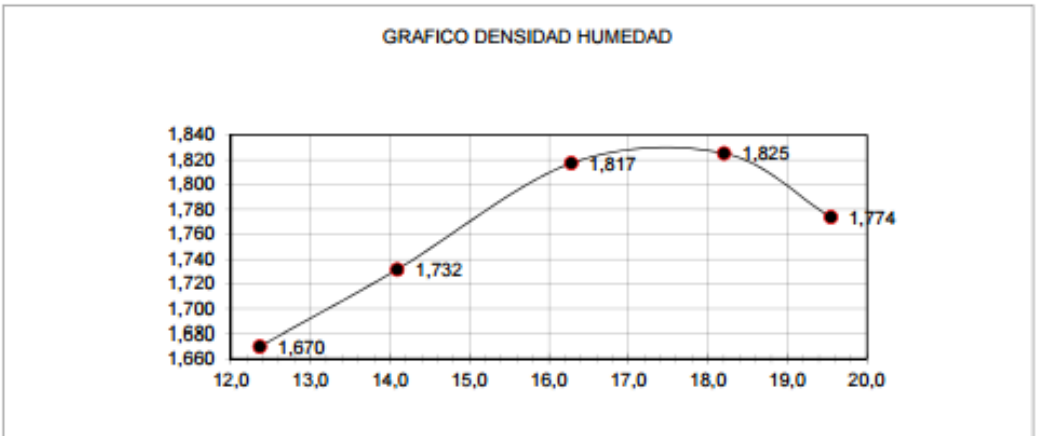
PUNTO N°	APROX AGUA	PESO MOL + SH grs	PESO MOLDE grs	PESO SUELO H grs	VOLUMEN MOLDE Cm3	Peso Especifico Aparente Kg/m3 HUMEDA	Peso Especifico Aparente Kg/m3 SECA
1		4178	2405	1773	945	1,876	1,670
2		4272	2405	1867	945	1,976	1,732
3		4402	2405	1997	945	2,113	1,817
4		4444	2405	2039	945	2,158	1,825
5		4409	2405	2004	945	2,121	1,774

GRANULOMETRIA TAMICES	%
2"	
1 1/2"	
1"	
3/4"	
3/8"	
N° 4	
N° 10	100,0
N° 40	98,9
N° 200	66,9

DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD

PUNTO N°	PF + SH grs	PF + S.S grs	TARA PF grs	AGUA grs	SUELO SECO Gramos	% HUMEDAD
1	300	278	100	22	178,0	12,4
2	300	275,3	100	24,7	175,3	14,1
3	300	272	100	28	172,0	16,3
4	300	269,2	100	30,8	169,2	18,2
5	300	267,3	100	32,7	167,3	19,5

PROCTOR TIPO T99
CLASIFICACION
A 6 (7)
D . MAXIMA
1,830
H . OPTIMA
17,50



Pozo 2: 1.20 m. Suelo A6 (7)

D max: 1.83

H. óptima: 17.50

Una vez determinada la densidad máxima y la humedad óptima, se realizó el ensayo CBR, para poder obtener el valor soporte del suelo relativo y con dicho valor poder realizar el Diseño estructural, es decir dimensionar los espesores del paquete estructural.

CBR (California Bearing Ratio):

El CBR o VSR (valor soporte del suelo relativo): de un suelo es la resistencia que ofrece al punzonado una probeta del mismo, moldeada bajo ciertas condiciones de densificación y humedad, y ensayada najo condiciones preestablecidas.

Se lo expresa como porcentaje de la resistencia de un suelo tipo tomado como patrón (piedra partida)

Al realizar este ensayo también se determinó el hinchamiento del suelo, definiéndolo al mismo como el aumento porcentual de altura referido a la altura inicial que experimenta una probeta de suelo cuando la humedad del mismo aumenta por inmersión desde la humedad inicial de compactación hasta la alcanzada por la probeta al término del periodo de inmersión.

Existen cuatro posibles variantes de este ensayo:

1. Método estático a carga fija preestabledicda.
2. Método estático a densidad prefijada.
3. Método dinámico simplificado.
4. Método dinámico completo

En este proyecto por simplificación, se utilizó la variable 3. **"Método dinámico simplificado",** para poder realizar el ensayo se procedió a seguir los pasos de la norma VN – E6 – 84 (anexo 10).

Para cada pozo y cada altura se realizó el ensayo CBR, según las densidades e humedades óptimas obtenidas del ensayo de Proctor.

Las siguientes tablas expresan los resultados obtenidos durante el ensayo y sus gráficos respectivamente.

ENSAYO VALOR SOPORTE

MATERIAL: SUELO (Ruta 11. La Calderilla)

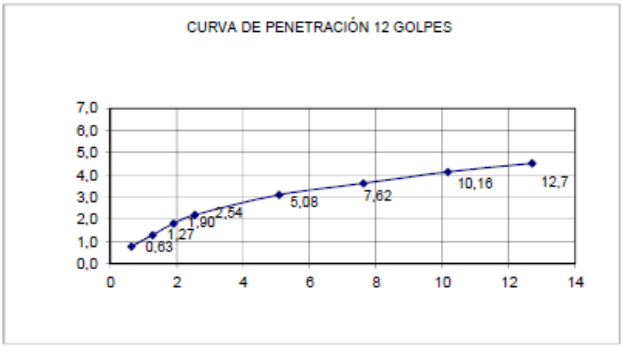
EXTRACCION POZO Nº 1 - 0,80 MTS PROFUNDIDAD

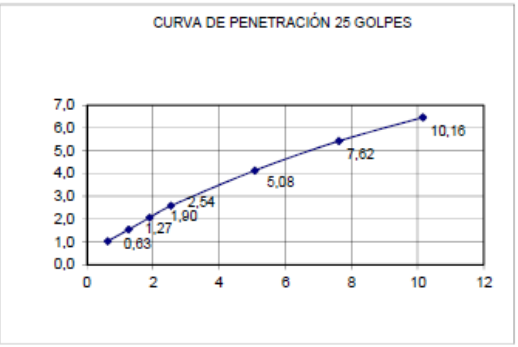
18/05/2017

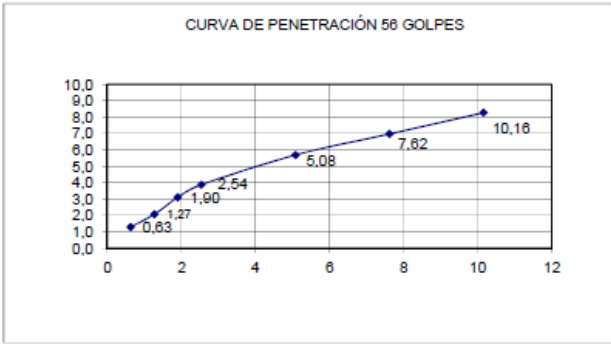
Aro de:	1000	kg.	Sobrecarga		Altura probeta	11,66	11,66	11,66	PROCTOR	
Factor:	5,000	Kg/Div.	Hinchamiento	Penetración					D. MAX. Tn /m3	1,850
Defl. Max.	2,00	mm.	10lb	10lb					% H. O.	15,5

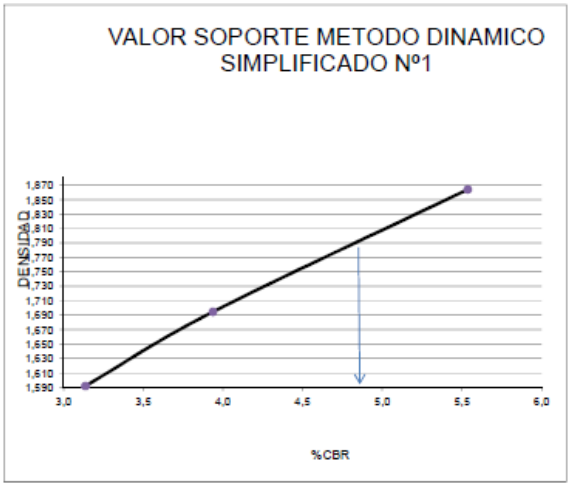
Nº de golpes	Molde Nº	Peso Molde M	Peso de M+SH	Peso de SH	Volumen del molde	Humedad real	Densidad húmeda	Densidad seca	Lectura Hinchamiento	Hinchamiento %
12	6	8715	12501	3786	2059	15,5	1,839	1,592	0,70	0,60%
25	7	8725	12800	4075	2082	15,5	1,957	1,695	0,50	0,43%
56	8	8510	12885	4375	2032	15,5	2,153	1,864	0,35	0,30%

Penetración [mm]			0,63	1,27	1,9	2,54	5,08	7,62	10,16	12,7	V.S
Standart kg/cm²						70	105	133	161	183	adoptado
Nº molde	Nº de golpes	Lectura dial	3	5	7	8,5	12	14	16	17,5	
6	12	Carga total	15	25	35	43	60	70	80	88	3,1
		Car.tot./19,35cm²	0,8	1,3	1,8	2,2	3,1	3,6	4,1	4,5	
		Carga correg.									
		% Standart				3,1	3,0	2,7	2,6	2,5	
7	25	Lectura dial	4	6	8	10	16	21	25	29	3,9
		Carga total	20	30	40	50	80	105	125	145	
		Car.tot./19,35cm²	1,0	1,6	2,1	2,6	4,1	5,4	6,5	7,5	
		Carga correg.									
		% Standart				3,7	3,9	4,1	4,0	4,1	
8	56	Lectura dial	5	8	12	15	22	27	32	36	5,5
		Carga total	25	40	60	75	110	135	160	180	
		Car.tot./19,35cm²	1,3	2,1	3,1	3,9	5,7	7,0	8,3	9,3	
		Carga correg.									
		% Standart				5,5	5,4	5,2	5,1	5,1	









	12	25	56	97%Dmax
DENSIDAD	1,592	1,695	1,864	1,795
CBR(%)	3,1	3,9	5,5	4,8

ENSAYO VALOR SOPORTE

MATERIAL: SUELO (Ruta 11. La Calderilla)

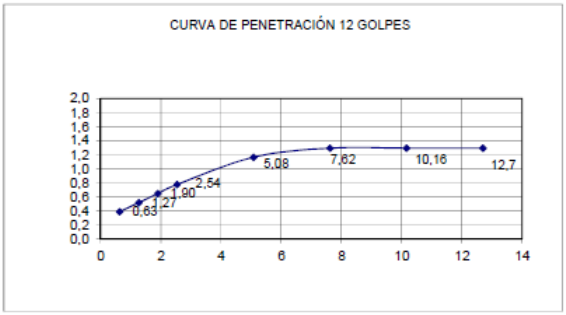
EXTRACCION POZO Nº 1 - 1,20 MTS PROFUNDIDAD

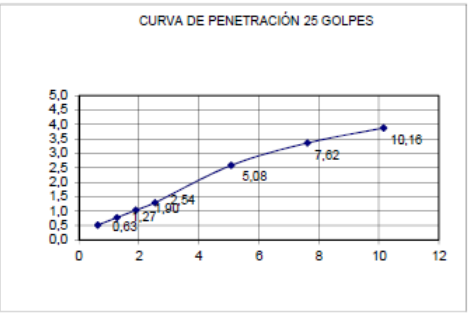
23/05/2017

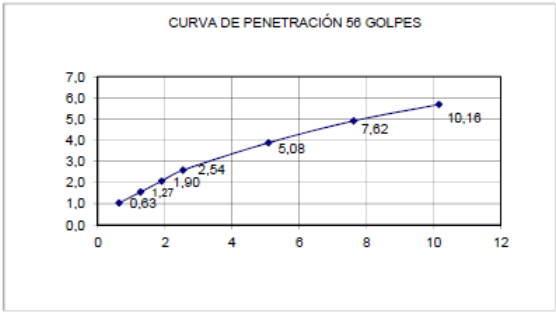
Aro de:	1000	kg.	Sobrecarga		Altura probeta	11,66	11,66	11,66	PROCTOR	
Factor:	5,000	Kg/Div.	Hinchamiento	Penetración					D. MAX. Tn /m3	
Defl. Max.	2,00	mm.	10lb	10lb					% H. O.	

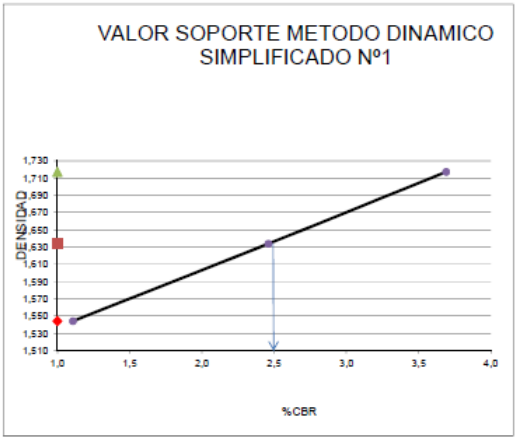
Nº de golpes	Molde Nº	Peso Molde M	Peso de M+SH	Peso de SH	Volumen del molde	Humedad real	Densidad húmeda	Densidad seca	Lectura Hinchamiento	Hinchamiento %
12	3	8745	12505	3760	1988	22,5	1,891	1,544	0,00	0,00
25	4	8745	12812	4067	2032	22,5	2,001	1,634	0,00	0,00
56	5	8480	12700	4220	2006	22,5	2,104	1,717	2,90	0,02

Penetración [mm]			0,63	1,27	1,9	2,54	5,08	7,62	10,16	12,7	V.S
Standart kg/cm²						70	105	133	161	183	adoptado
Nº molde	Nº de golpes	Lectura dial	1,5	2	2,5	3	4,5	5	5	5	
3	12	Carga total	8	10	13	15	23	25	25	25	1,1
		Car.tot./19,35cm²	0,4	0,5	0,6	0,8	1,2	1,3	1,3	1,3	
		Carga correg.									
		% Standart				1,1	1,1	1,0	0,8	0,7	
4	25	Lectura dial	2	3	4	5	10	13	15	16	2,5
		Carga total	10	15	20	25	50	65	75	80	
		Car.tot./19,35cm²	0,5	0,8	1,0	1,3	2,6	3,4	3,9	4,1	
		Carga correg.									
		% Standart				1,8	2,5	2,5	2,4	2,3	
5	56	Lectura dial	4	6	8	10	15	19	22	25	3,7
		Carga total	20	30	40	50	75	95	110	125	
		Car.tot./19,35cm²	1,0	1,6	2,1	2,6	3,9	4,9	5,7	6,5	
		Carga correg.									
		% Standart				3,7	3,7	3,7	3,5	3,5	









	12	25	56	97%Dmax
DENSIDAD	1,544	1,634	1,717	1,636
CBR(%)	1,1	2,5	3,7	2,5

ENSAYO VALOR SOPORTE

MATERIAL: SUELO (Ruta 11. La Calderilla)

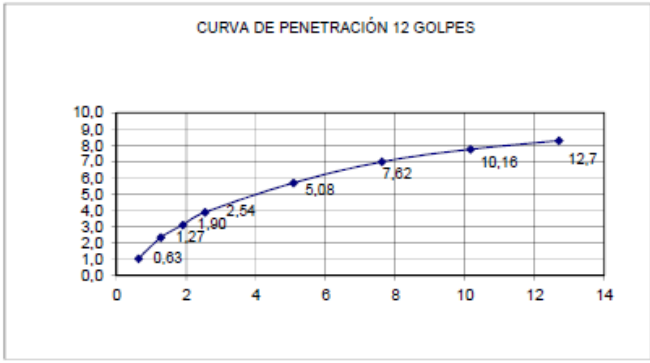
EXTRACCION POZO Nº 2 - 0,80 MTS PROFUNDIDAD

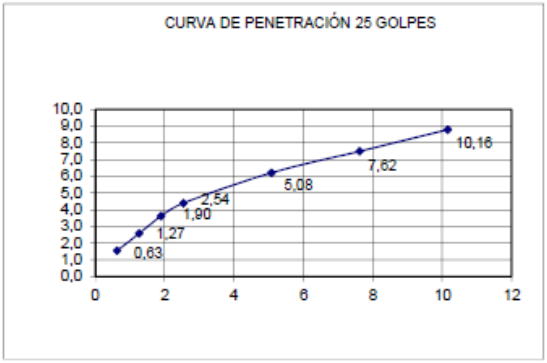
29/05/2017

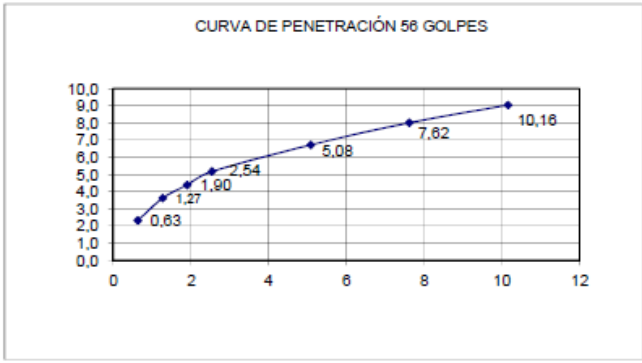
Aro de:	1000	kg.	Sobrecarga		Altura probeta	11,66	11,66	11,66	PROCTOR	
Factor:	5,000	Kg/Div.	Hinchamiento	Penetración					D. MAX. Tn /m3	1,925
Defl. Max.	2,00	mm.	10lb	10lb					% H. O.	15,5

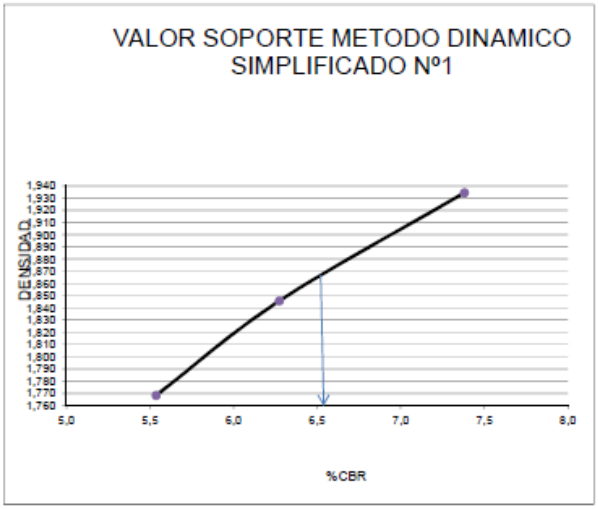
Nº de golpes	Molde Nº	Peso Molde M	Peso de M+SH	Peso de SH	Volumen del molde	Humedad real	Densidad húmeda	Densidad seca	Lectura Hinchamiento	Hinchamiento %
12	9	8535	12632	4097	2006	15,5	2,042	1,768	0,52	0,45%
25	8	8510	12842	4332	2032	15,5	2,132	1,846	0,40	0,34%
56	7	8725	13377	4652	2082	15,5	2,234	1,935	0,22	0,19%

Penetración [mm]			0,63	1,27	1,9	2,54	5,08	7,62	10,16	12,7	V.S
Standart kg/cm²						70	105	133	161	183	adoptado
Nº molde	Nº de golpes	Lectura dial	4	9	12	15	22	27	30	32	
9	12	Carga total	20	45	60	75	110	135	150	160	5,5
		Car.tot./19,35cm²	1,0	2,3	3,1	3,9	5,7	7,0	7,8	8,3	
		Carga correg.									
		% Standart				5,5	5,4	5,2	4,8	4,5	
8	25	Lectura dial	6	10	14	17	24	29	34	39	6,3
		Carga total	30	50	70	85	120	145	170	195	
		Car.tot./19,35cm²	1,6	2,6	3,6	4,4	6,2	7,5	8,8	10,1	
		Carga correg.									
		% Standart				6,3	5,9	5,6	5,5	5,5	
7	56	Lectura dial	9	14	17	20	26	31	35	40	7,4
		Carga total	45	70	85	100	130	155	175	200	
		Car.tot./19,35cm²	2,3	3,6	4,4	5,2	6,7	8,0	9,0	10,3	
		Carga correg.									
		% Standart				7,4	6,4	6,0	5,6	5,6	









	12	25	56	97%Dmax
DENSIDAD	1,768	1,846	1,935	1,867
CBR(%)	5,5	6,3	7,4	6,6

ENSAYO VALOR SOPORTE

MATERIAL: SUELO (Ruta 11. La Calderilla)

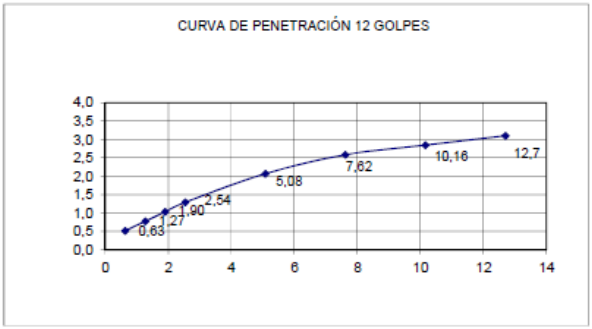
EXTRACCION POZO Nº 2 - 1,20 MTS PROFUNDIDAD

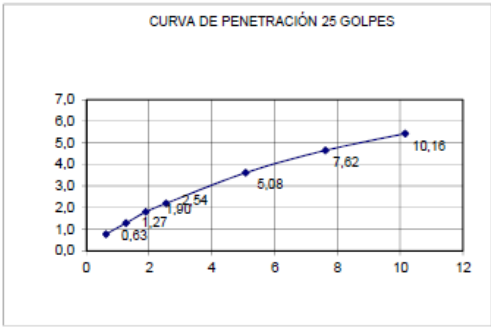
05/06/2017

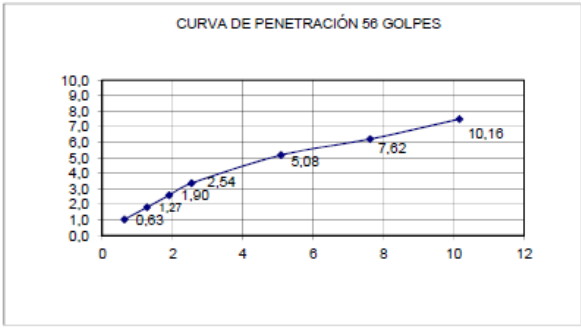
Aro de:	1000	kg.	Sobrecarga		Altura probeta	11,66	11,66	11,66	PROCTOR	
Factor:	5,000	Kg/Div.	Hinchamiento	Penetración					D. MAX. Tn /m3	1,830
Defl. Max.	2,00	mm.	10lb	10lb					% H. O.	17,5

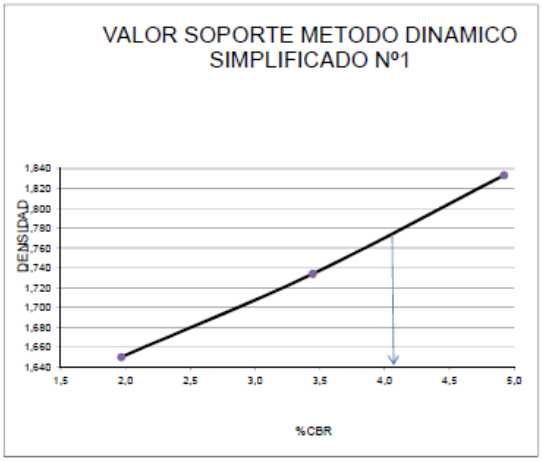
Nº de golpes	Molde Nº	Peso Molde M	Peso de M+SH	Peso de SH	Volumen del molde	Humedad real	Densidad húmeda	Densidad seca	Lectura Hinchamiento	Hinchamiento %
12	8	8510	12450	3940	2032	17,5	1,939	1,650	0,00	0,00
25	6	8715	12910	4195	2059	17,5	2,037	1,734	0,00	0,00
56	7	8725	13210	4485	2082	17,5	2,154	1,833	1,94	0,02

Penetración [mm]			0,63	1,27	1,9	2,54	5,08	7,62	10,16	12,7	V.S
Standart kg/cm²						70	105	133	161	183	adoptado
Nº molde	Nº de golpes	Lectura dial	2	3	4	5	8	10	11	12	
8	12	Carga total	10	15	20	25	40	50	55	60	2,0
		Car.tot./19,35cm²	0,5	0,8	1,0	1,3	2,1	2,6	2,8	3,1	
		Carga correg.									
		% Standart				1,8	2,0	1,9	1,8	1,7	
6	25	Lectura dial	3	5	7	8,5	14	18	21	25	3,4
		Carga total	15	25	35	43	70	90	105	125	
		Car.tot./19,35cm²	0,8	1,3	1,8	2,2	3,6	4,7	5,4	6,5	
		Carga correg.									
		% Standart				3,1	3,4	3,5	3,4	3,5	
7	56	Lectura dial	4	7	10	13	20	24	29	31	4,9
		Carga total	20	35	50	65	100	120	145	155	
		Car.tot./19,35cm²	1,0	1,8	2,6	3,4	5,2	6,2	7,5	8,0	
		Carga correg.									
		% Standart				4,8	4,9	4,7	4,7	4,4	









	12	25	56	97%Dmax
DENSIDAD	1,650	1,734	1,833	1,775
CBR(%)	2,0	3,4	4,9	4,1

Según los resultados, se puede observar que en la zona contamos con un suelo de bajo valor soporte. El CBR menor obtenido es de 2,5% en el primer pozo a una profundidad de 1.20 m. Cabe destacar que en cuando se realizó la excavación en este pozo se encontraron con restos de basuras. Mientras que el CBR mayor, es de 6.6% en el segundo pozo a una profundidad de 0.80m. Por lo tanto se optó por realizar un dimensionado con un CBR de 7%. En los lugares donde no se pueda llegar a este CBR se deberá realizar una mezcla de suelo para poder obtener el mismo.

CAPITULO 6: Paquete estructural

Mezclas asfálticas en Caliente:

Existen dos grandes grupos de pavimentos: los pavimentos Flexibles y los pavimentos Rígidos. Los mismos se diferencia por su comportamiento mecánico, pero esencialmente por el material cementante que se utiliza para mantener unidas las partículas. Es decir la capacidad portante de un suelo está dada por los agregados gruesos y finos, el material cementante los mantiene unidos para que su estructura sea homogénea y de esa manera resista las acciones de las cargas a la que está sometida.

En los pavimentos rígidos el material cementante que mantiene unidas las partículas es el Cemento Portland, mientras que en los pavimentos flexibles es el cemento asfáltico.

En este proyecto se optó por realizar un pavimento flexible, ya que en la provincia de Salta y en la República Argentina predominan estos tipos de pavimentos por economía y facilidad de ejecución.

La carpeta de concreto asfáltico por ser la capa de rodamiento, está sometida a mayores exigencias que las demás capas del paquete estructural. Hay tres razones por la cual la capa de rodamiento tiene que ser especial:

1. Soporta la carga de forma directa de los vehículos, por lo cual tiene mayor presión.
2. Soporta la acción abrasiva del tránsito, es decir frenadas, derrapes, giros, etc.
3. Sufre los efectos de la interperización, es decir que está a la interperie, sometida a efectos de agua, sol, aire, entre otros.

A su vez la capa de rodamiento debe cumplir con las siguientes propiedades:

- Estabilidad: es la resistencia a la deformación plástica.
- Flexibilidad: Es la capacidad de deformarse elásticamente sin agrietarse y recuperar su posición original, cuando cesa la carga.
- Durabilidad: la capa de rodamiento debe ser resistente a los agentes climáticos.
- Antideslizante: debe tener buena adherencia entre la superficie del pavimento y los neumáticos, Si no se logra se debe realizar una lechada asfáltica,
- Compactabilidad: debe ser de fácil distribución y densificación.
- Económico: usar los materiales más baratos disponibles compatibles con las exigencias técnicas.

Diseño estructural de pavimentos flexibles:

Consiste en determinar el espesor de las distintas capas del paquete estructural y las características de los materiales que la componen. Existen dos métodos: Shell (método científico según las leyes físicas) y AASHTO (orientación empírica).

El paquete estructural se consideran tres capas:

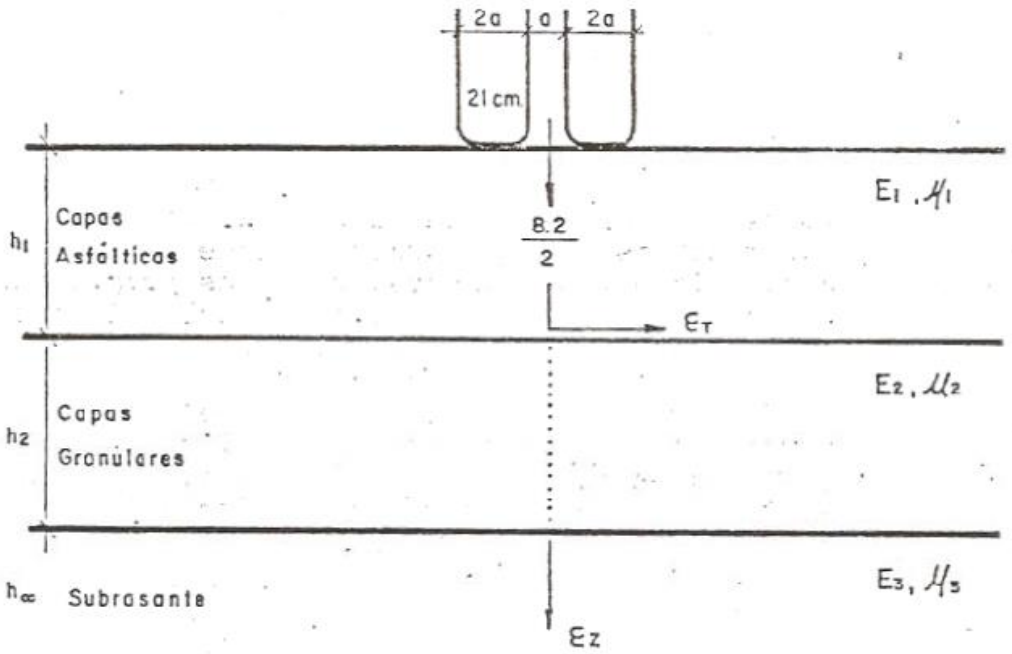
1- Una capa o capas con ligante asfáltico.

2- Una capa o capas granulares no cementadas: Consiste de una o más capas compactas de material granular o estabilizado. La función principal de la subbase es prevenir el bombeo de los suelos de granos finos

3- Suelo natural o subrasante: es el soporte natural, preparado y compactado, en la cual se puede construir un pavimento. La función de la subrasante es dar un apoyo razonablemente uniforme, sin cambios bruscos en el valor soporte.

Método Shell:

Este método considera la estructura del pavimento como un sistema multicapa linealmente elástico, bajo la acción de las cargas de tránsito, en el cual los materiales se encuentran caracterizados por su módulo de elasticidad de Young (E) y su relación de Poisson (μ). Los materiales de la estructura se consideran homogéneos y se asume que las capas tienen una extensión infinita en sentido horizontal. El procedimiento básico supone al pavimento como una estructura tricapa, en la que la capa superior corresponde a las carpetas asfálticas, la intermedia a las capas granulares y la inferior, que es infinita en sentido vertical, corresponde a la subrasante.



El diseño consiste en elegir espesores de las capas asfálticas y granulares, y características de sus materiales (E, μ), de manera que se cumpla un determinado criterio de deformaciones.

Los criterios básicos para el diseño estructural fueron los siguientes:

- Si la deformación horizontal por tracción εt en la fibra inferior de las capas asfálticas supera la admisible, se producirá el agrietamiento de ellas.
- Si la deformación vertical por compresión en la subrasante εz es excesiva, se producirá una deformación permanente de la subrasante y por consiguiente del pavimento.

El mismo consta de 4 etapas:

1) Características de la subrasante:el cálculo se basa en el método elástico dinámico del suelo de la subrasante E. Como este es de difícil determinación directa se utiliza el CBR , siendo E = 100 x CBR (kg/cm²). En nuestro proyecto E = 100xCBR = 660 kg/cm2

Durante la ejecución se debe procurar que al ejecutar la subrasante, la misma tenga como mínimo el CBR definido para el proyecto.

Carga por eje (1)	Nº de ejes por día (2)	Factor de conversión (3)	Nº de ejes equivalentes por día (4) = (2) x (3)
3,5	987	0,03	29,61
5	369	0,14	51,66
8,2	130	1	130
10,6	14	2,79	39,06
Σ TMDA	1500		250,33

6.)

Nº de ejes equivalentes por año:

(6) x 365 = 91.370,45 (7.)

Vida útil: 20 años (9.)

Tasa de crecimiento: 2% (8.)

Factor sumatoria:

$$g = \frac{(1+b)^{n+1} - 1}{b} - 1$$

n = 20 (nº de años)

g= 24,78 (10.)

Nº de ejes equivalentes: (7)x(10)

N = 4.264.462,84 **N = 4 x 10^6**

2) Exigencias del tránsito: Es de vital importancia la influencia de las cargas pesadas, los automotores particulares y camiones livianos tienen poca incidencia. Para el diseño se adoptó el promedio del tránsito representado por el numero N de ejes equivalentes a ejes de 8.2 tn. Es decir, se proyecta el pavimento para que resista un número de repeticiones de carga N hasta que falle por fatiga.

3) Espesores de construcción del paquete estructural: Establecido el CBR y N, se recurrió a los diagramas del diseño (ANEXO XII) y se obtuvieron los espesores para las distintas capas bituminosas y granulares.

4) Características del material granular: se determinó el CBR de las capas granulares a efectos de tener la seguridad de que el material va a soportar parte de las cargas mediante un módulo de servicio adecuado y resistencia a corte.

Con los ábacos de Shell (Anexo XII) analizamos la tabla para CBR 7 de manera tal de poder determinar los espesores de las capas a partir del suelo que tenemos en el terreno donde se va a realizar la ruta.

Los resultados obtenidos fueron:

CBR 7
Bituminoso: 14 cm
Granular: 36 cm

En nuestro proyecto adoptamos un espesor bituminoso de 14 cm y un espesor granular de 36 cm.

Desde el punto de vista constructivo existen limitaciones para la ejecución de las cargas:

Bituminosa:

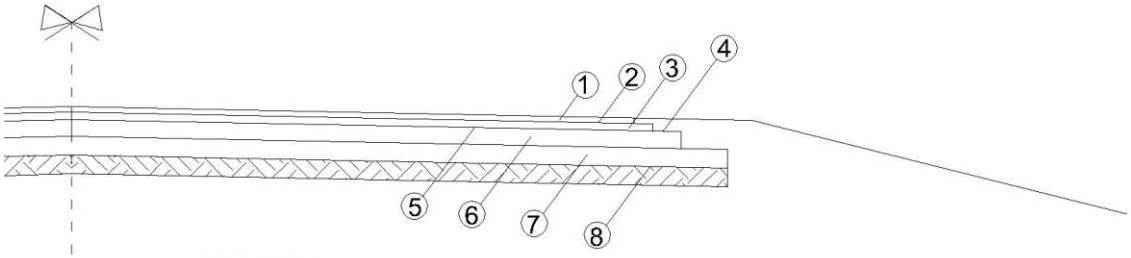
- Capa de rodamiento o carpeta asfáltica entre 4 y 7 cm, se adoptó: 6 cm.
- Base negra entre 5 y 9 cm, se adoptó: 8 cm

Granulares:

- Bases entre 10 y 20 cm, se adoptó: 16 cm
- Subbase entre 12 y 25 cm, se adoptó: 20 cm

En la siguiente imagen se puede observar el perfil transversal conformado con sus referencias respectivas.

Luego se procedió a realizar el cálculo por el método AASHTO, para verificar los espesores calculados con el método Shell.



Referencias:
1 - Carpeta de rodamiento en 6 m de ancho y 0.06 m de espesor
2- Riego de liga con CRR-0 a razón de 0.4 lt/m2.
3- Base negra en 6.20 m de ancho y 0.08 m de espesor.
4- Riego de liga con CRR-0 a razón de 0.4 lt/m2.
5 - Imprimación de la base granular con catiónica de imprimación a razón de 1.5 lt/m2
6 - Base granular en 6.50 m de ancho y 0.16 m de espesor de CBR mínimo 80.
7 - Subbase granular en 7 m de ancho y 0.20 m de espesor de CBR mínimo 40.
8- Terraplén con compactación especial.

Método AASHTO:

Se basa en un método empírico, fue desarrollado en los Estados Unidos en la década de los 60, basándose en un ensayo a escala real realizado durante 2 años en el estado de Illinois, con el fin de desarrollar tablas, gráficos y fórmulas que representen las relaciones deterioro-solicitación de las distintas secciones ensayadas.

El Método de Diseño de AASHTO introdujo el concepto de falla funcional de un pavimento, en oposición a los métodos tradicionales a la fecha, los cuales se fundamentaban exclusivamente en los conceptos de falla estructural. Para cuantificar esta descripción funcional se introdujeron varios conceptos fundamentales. El primero de ellos se refiere a la "servicapacidad", es decir a la habilidad que tiene un pavimento para servir al tráfico para el cual fue diseñado. Otro concepto fue el del "comportamiento" del pavimento, que puede ser definido como su habilidad para servir al tráfico a lo largo del tiempo.

Se ha elegido este método, porque a diferencia de otros, introduce el concepto de serviciabilidad en el diseño de pavimentos como una medida de su capacidad para brindar una superficie lisa y suave al usuario.

Para establecer los distintos deterioros que se producen, se define como PSI (índice de serviacibilidad presente) o simplemente "p".

$$PSI = 5.03 - 1.91\log(1 + sv) - 1.38\,RD^2 - 0.01\sqrt[2]{C + P}$$

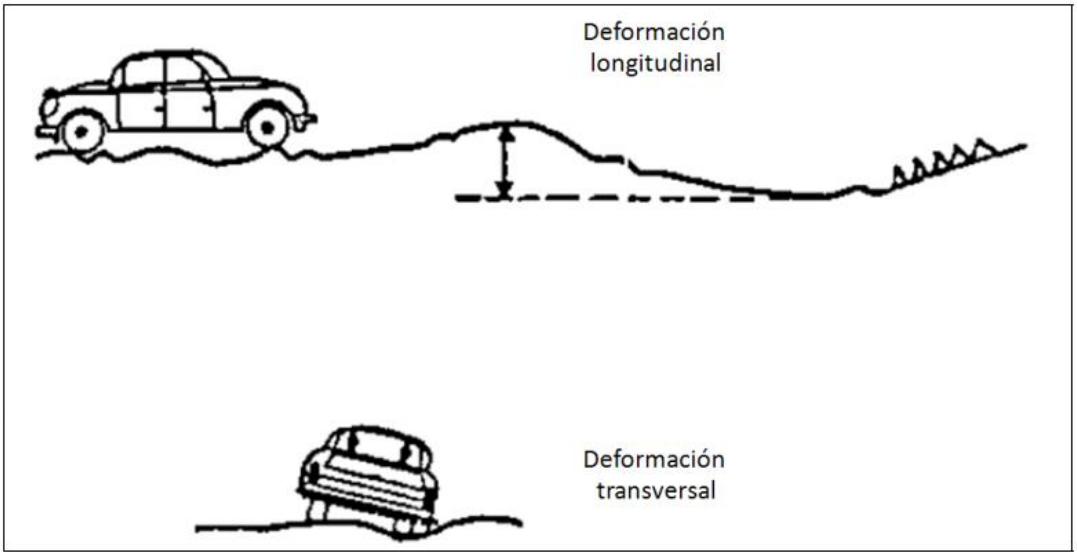
En donde:

SV = varianza de la pendiente longitudinal, que mide la influencia de las deformaciones longitudinales

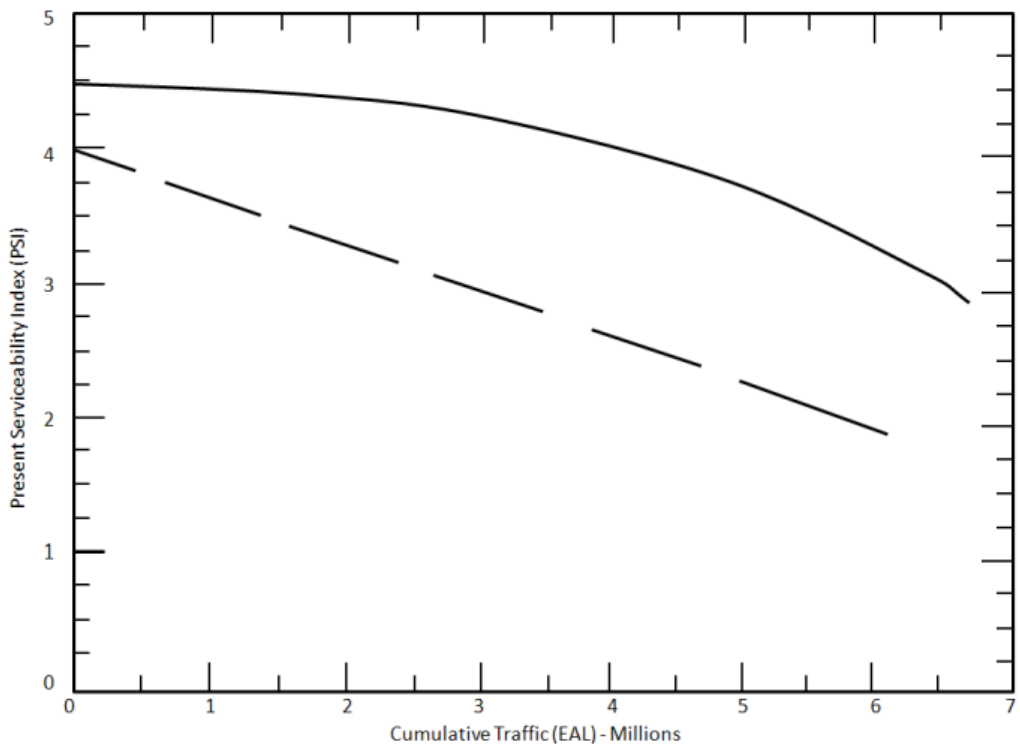
RD = promedio aritmético de las deformaciones transversales (ahuellamiento transversal)

C = área de grietas por cada 1.000 pié cuadrado de pavimento

P = área reparada por cada 1.000 pié cuadrado de pavimento



Significado de los principales términos de la ecuación del PSI



Variación del valor de PSI con las cargas acumuladas

<u>Selección del valor de servicapacidad final (pt):</u>

Los valores que son empleados en la fórmula de diseño, y que representan la condición del pavimento para el momento final del período de diseño, antes de que sea requerida una rehabilitación del pavimento, son los siguientes:

- Para vías con características de autopistas urbanas y troncales de mucho tráfico, pt = 3,0
- Para vías con características de autopistas urbanas y troncales de intensidad de tráfico normal, así como para autopistas interurbanas, pt = 2,5
- Para vías locales, ramales, secundarias y agrícolas se toma un valor de pt = 2,0

Se recomienda que, normalmente el valor de pt nunca sea menor de 2,0, aun cuando las características de tráfico de la vía sean muy reducidas.

En este proyecto se adoptó un periodo de diseño de 20 años y un valor de servicapacidad final pt = 2.

Las ecuaciones de diseño del Método AASHTO fueron desarrolladas considerando el efecto que sobre el comportamiento tienen tanto la solución estructural (incluyendo espesores de capas y calidad de los materiales y mezclas con que esas capas son construidas), y las cargas actuantes (tomando en cuenta magnitud, configuración y frecuencia).

$W18 = f\ (Zr, So, \Delta PSI, Mr, Sn)$

$$los\, W_{18} = Z_R.S_O + 9{,}36.\log(SN+1) - 0{,}2 + \log\frac{\left(\frac{\Delta PSI}{4{,}2-1{,}3}\right)}{0{,}4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5{,}19}}} + 2{,}32.\log MR - 8{,}07$$

Dónde:

W= número de repeticiones de ejes equivalentes de carga: 18 kips (80 KN) = 8,2 tn.

Zr = desviación estándar normal.

So = error estándar en la predicción del tránsito.

ΔPSI = diferencia entre el PSI incial y el PSI final.

Mr = módulo reciliente.

Sn = número estructural. Es un número abstracto que representa la resistencia estructural requerida del pavimento para una combinación de: soporte de suelo (Mr), tránsito (ESAL), serviacibilidad final y medio ambiente. El mismo nos indica el espesor total requerido del pavimento.

$$W\ 18 = GF.ESALS.DD.LD.365$$

Dónde:

W18 = representa la totalidad de ejes equivalentes durante toda la vida útil para llevar al pavimento de una serviacibilidad inicial a una final.

GF = factor de crecimiento

ESAL = equivalente simple axial load. Es el TMD expresado en ejes equivalentes en un día.

DD = distribución direccional

LD = distribución por trocha

Cuando se emplea el método AASHTO deben aplicarse los "factores de equivalencia de cargas-"FEi"-" y que se presentan en tablas (ANEXO 12).Cada tabla se identifica en función del valor de servicapacidad final (pf) seleccionando -valores de 2,0; 2,5 y 3,0 respectivamente-, de la configuración de los ejes (simples, dobles y triples), y del valor de SN asumido.

El procedimiento idealizado de diseño es iterativo: debe asumirse un valor de SN, sin conocerse los espesores finales, para poder estimar las cargas de diseño, ya que los factores de equivalencia de cargas son función, entre otras variables, de "SN". Una vez estimadas las cargas, a partir de este SN asumido, y concluido el diseño real del paquete estructural, se compara el SN obtenido con el SN asumido. Si la diferencia entre el SN asumido y el SN obtenido es mayor de 0,5, debe reiniciarse la estimación de las cargas de diseño partiendo de los factores de equivalencia de este "SN obtenido", repitiéndose el proceso hasta que la diferencia entre ambos SN sea menor a 0.5. Generalmente se selecciona, como primera aproximación, un valor de SN = 3,0

1) Tránsito (ESAL): se partió de un censo supuesto de 1500 vehículos por día, luego se calculó los distintos tipos de vehículos que hay dentro de los 1500 y así se obtuvo la cantidad de ejes equivalentes de cada tipo.

CALCULO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL - METODO AASHTO 93

Ruta Nacional: 34 - Sección entre progresivas 1200 y 1488																			
Límites del Tramo	**Pri**	**PRf**	**Año**	**Mes**	**Horas**	**LIV**	**BU1**	**BU2**	**SA1**	**SA2**	**CA1**	**CA2**	**CA3**	**SE1**	**SE2**	**SE3**	**SE4**	**TMD**
Ruta nacional nº 11	114,1	1698,51	2017	5	48	79,4	1,0	1,3	10,0	0,3	0,4	1,9	0,0	0,8	2,7	1,8	0,2	1500

%TOTAL=	99,8
Vehiculos=	1497

Vehículo	Cantidad	S1	D1	D2	D3
LIV	1191	2382			
BU1	15	15	15		
BU2	20	20		20	
SA1	150	150	150		
SA2	5	5		5	
CA1	6	6	18		
CA2	29	29	57	29	
CA3	0	0	0	0	
SE1	12	12	24		
SE2	41	41	41	41	
SE3	27	27	27		27
SE4	3	3		3	3
TOTAL	1497	306	332	96	30
Carga x eje (tn)		6,0	10,5	18,0	27,0
Carga x eje (kips)		13,24	23,16	39,71	59,56

Equivalencia:

$$\boxed{18\ \text{KIPS} = 80\ \text{KN} = 8{,}16\ \text{tn}}$$

$$18000\ \text{lb} \times \frac{453{,}592\ \text{gr}}{1\ \text{lb}} \times \frac{1\ \text{tn}}{10^6\ \text{gr}} = 8{,}164656\ \text{tn}$$

$$18000\ \text{lb} \times \frac{4{,}44822\ \text{N}}{1\ \text{lb}} \times \frac{1\ \text{KN}}{1000\ \text{N}} = 80{,}0796\ \text{KN}$$

$$8{,}164656\ \text{tn} \times \frac{1000\ \text{kg}}{1\ \text{tn}} \times \frac{9{,}80665\ \text{N}}{1\ \text{kg}} \times \frac{1\ \text{KN}}{1000\ \text{N}} = 80{,}0792\ \text{KN}$$

2) Luego se ingresó a las tablas LEEF (anexo 11) y suponiendo un SN, se determinó el ESAL, para luego poder calcular W18.

LEF S1

	carga x eje (kips)	SN					
		1	2	3	4	5	6
limite inferior	12,00	0,165	0,177	0,189	0,183	0,174	0,168
valor	13,24	0,264	0,277	0,291	0,287	0,276	0,269
limite superior	14,00	0,325	0,338	0,354	0,35	0,338	0,331

LEF D1

	carga x eje (kips)	SN					
		1	2	3	4	5	6
limite inferior	22,00	2,49	2,44	2,35	2,31	2,35	2,41
valor	23,16	3,199	3,125	2,977	2,903	2,960	3,049
limite superior	24,00	3,71	3,62	3,43	3,33	3,4	3,51

LEF D2

	carga x eje (kips)	SN					
		1	2	3	4	5	6
limite inferior	38,00	1,76	1,75	1,73	1,72	1,73	1,74
valor	39,71	2,152	2,125	2,088	2,070	2,097	2,115
limite superior	40,00	2,22	2,19	2,15	2,13	2,16	2,18

LEF D2

	carga x eje (kips)	SN					
		1	2	3	4	5	6
limite inferior	58,00	2,29	2,27	2,24	2,23	2,25	2,27
valor	59,56	2,586	2,558	2,513	2,495	2,523	2,551
limite superior	60,00	2,67	2,64	2,59	2,57	2,6	2,63

TABLA DE LEFS

	carga x eje (kips)	SN					
		1	2	3	4	5	6
LEF S1	13,24	0,264	0,277	0,291	0,287	0,276	0,269
LEF D1	23,16	3,199	3,125	2,977	2,903	2,960	3,049
LEF D2	39,71	2,152	2,125	2,088	2,070	2,097	2,115
LEF D3	59,56	2,586	2,558	2,513	2,495	2,523	2,551

Adoptando SN=	2,89

	carga x eje (kips)	SN		
		2	2,89	3
LEF S1	13,24	0,277	0,290	0,291
LEF D1	23,16	3,125	2,994	2,977
LEF D2	39,71	2,125	2,092	2,088
LEF D3	59,56	2,558	2,518	2,513

DETERMINACION DEL TRANSITO W18

$$W18 = GF \times ESALs \times DD \times LD \times 365$$

ESALs: TMD expresado en ejes equivalentes

$$ESALs = S1 \times LEF^{S1} + D1 \times LEF^{D1} + D2 \times LEF^{D2} + D3 \times LEF^{D3}$$

ESALs =	1357,44

3) Factor de crecimiento del tránsito: para calcular el mismo se tuvo en cuenta una tasa de crecimiento de 2% y 20 años de vida útil de la carretera.

GF: Factor de crecimiento de tránsito

$$GF = \frac{[(1+g)^n - 1]}{g}$$

g (%) =	2	g: tasa de crecimiento prevista para el tránsito
n (años) =	20	n:número de años del período considerado
GF =	24,30	

4) Distribución direccional y por trocha:

LD: Distribución por trocha			N° carriles	**L.D**
			1	1
LD =	1		2	0,8 - 1
			3	0,6 - 0,8
DD: Distribución direccional			4	0,5 - 0,6
DD =	0,5	→	(varía entre 0 y 1. Se toma generalmente 0,5 ya que el 50% va y el 50% vuelve)	
W18 =	6019251,62	→ ejes equivalentes de 8,2 tn		
log W18 =	6,78	→ 1er término que representa a las cargas		

Luego se resolvió la ecuación del método AASHTO, en la cual se tuvieron en cuenta las siguientes variables:

$$\log W18 = ZR \times So + 9{,}36 \times \log(SN+1) - 0{,}2 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4{,}2-1{,}5}\right)}{0{,}40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5{,}19}}} + 2{,}32 \times \log MR - 8{,}07$$

1) Confiabilidad: es la probabilidad de que una sección del pavimento se desempeñe de forma satisfactoria para las condiciones de tránsito y medio ambiente imperantes durante el periodo de diseño, el cual corresponde al lapso de tiempo transcurrido en el cual el pavimento se deteriora y pasa de una serviacibilidad inicial a una terminal.

2) Serviacibilidad: es la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado el pavimiento.

ZR en función de la confiabilidad R (%):					
R: confiabilidad recomendada				**R (%)**	
(varía entre 85 y 99,9%)				Zona Urbana	Zona Rural
			Autopistas	85 - 99,9	80 - 99,9
R (%):	85		Rutas Ppales	80 - 99	75 - 99
ZR =	1,04		Rutas Sec	80 - 95	75 - 95
So: desviación estándar				**So**	
			Sin errores en el tránsito	0,34 p/pavimento rígido	
So =	0,49			0,44 p/pavimento flexible	
			Con errores en el tránsito	0,39 p/pavimento rígido	
ΔPSI: Pérdida de serviciabilidad				0,49 p/pavimento flexible	
Po:	4,2		Po: serviciabilidad inicial		
Pf:	2		Pf: serviciabilidad final		
ΔPSI =	2,2				

3) Subrasante: la propiedad que caracteriza a los materiales es el módulo de residiente (MR), es una propiedad elástica del suelo, la cual reconoce características no lineales.

MR: Módulo Resiliente Sub-Rasante en función del CBR

$$MR = 1500 \times CBR$$

CBR =	6,4	→	CBR: valor soporte de la Sub-Rasante [psi]
MR (psi) =	9600		
log W18 =	6,78	→	representa las caract. del paq. Estructural que va a resistir estas cargas
SN necesario =	**2,89**		

DISEÑO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL POR EL CRITERIO DE ESPESORES MINIMOS

Una vez obtenido el SN necesario, se procede a calcular los espesores mínimos del paquete estructural, en el cual se debe cumplir que:

$$SN\ proyecto\ \geq SN\ necesario$$

$$SNproyecto = a1.D1 + a2.D2.m2 + a3.D3.m3$$

En dónde:

a = espesores de las distintas capas.

m = coeficientes de drenaje.

D = espesores.

ai: Coeficientes de capa

Los coeficientes estructurales o de capa **ai**, son función de la calidad de los materiales que forman cada capa del paquete estructural, y se obtienen de los ábacos en función del CBR. Estos coeficientes son una medida de la capacidad relativa de cada capa como componente estructural de un pavimento, aunque directamente no sean un indice de la resistencia del material. No obstante ello, estos coeficientes están correlacionados con distintos parámetros resistentes.

Se obtienen de ABACOS (1/pulg)		
	a1 =	0,42
Para CBR 80%:	a2 =	0,14
Para CBR 40%:	a3 =	0,12

Equivalencia:

$$1\ pulg = 2{,}54\ cm$$

	Coef. por capa	(1/cm)
Concr. asfáltico:	a1 =	0,165
Base:	a2 =	0,055
Sub base:	a3 =	0,047

mi: coeficientes de drenaje de la base y sub-base

m2 =	1,00
m3 =	1,00

Espesor mínimo de carpeta

CBR =	80	→ CBR > 80
MR (psi) =	120000	

Ahora iremos a Datos, Solver y realizaremos los siguientes pasos:

1- En donde dice **Celda objetivo**, haremos click en el resultado de logW18 (naranja).
2- En donde dice **valor de la celda objetivo**, podremos el valor original de logW18.
3- En donde dice **cambiando las celdas,** haremos click en el resultado de SN1.

SN1=	1,30	log W18=	7,41

$$D1 > \frac{SN1}{a1}$$

$$SN1^* = a1 \times D1^*$$

D1 (cm) >	7,89	
D1*adoptado =	8,00	D1* bien adoptado
SN1*=	1,32	

Espesor mínimo de base

CBR =	40	→ CBR > 40
MR (psi) =	60000	

Ahora iremos a Datos, Solver y realizaremos los siguientes pasos:

1- En donde dice **Celda objetivo**, haremos click en el resultado de logW18 (naranja).
2- En donde dice **valor de la celda objetivo**, podremos el valor original de logW18.
3- En donde dice **cambiando las celdas,** haremos click en el resultado de SN2.

SN2=	1,74	log W18=	7,41

$$D2 > \frac{SN2 - SN1^*}{a2 \times m2}$$

$$SN2^* = a2 \times m2 \times D2^*$$

D2 (cm) >	7,59	
D2*adoptado =	8,00	D2* bien adoptado
SN2*=	0,44	

Espesor mínimo de sub-base

CBR =	6,5
MRsub-rasante =	9750

SN3=	2,89		log W18=	6,95	
D3 (cm) >	23,84				
D3*adoptado =	24,00	D3* bien adoptado			
SN3*=	1,13				
VERIFICACION					
2,90	>=	2,89			

Finalmente para realizar el proyecto y el cómputo y presupuesto se optarán por los valores obtenidos con el método Shell.

CAPITULO 7: Diseño de alcantarillas

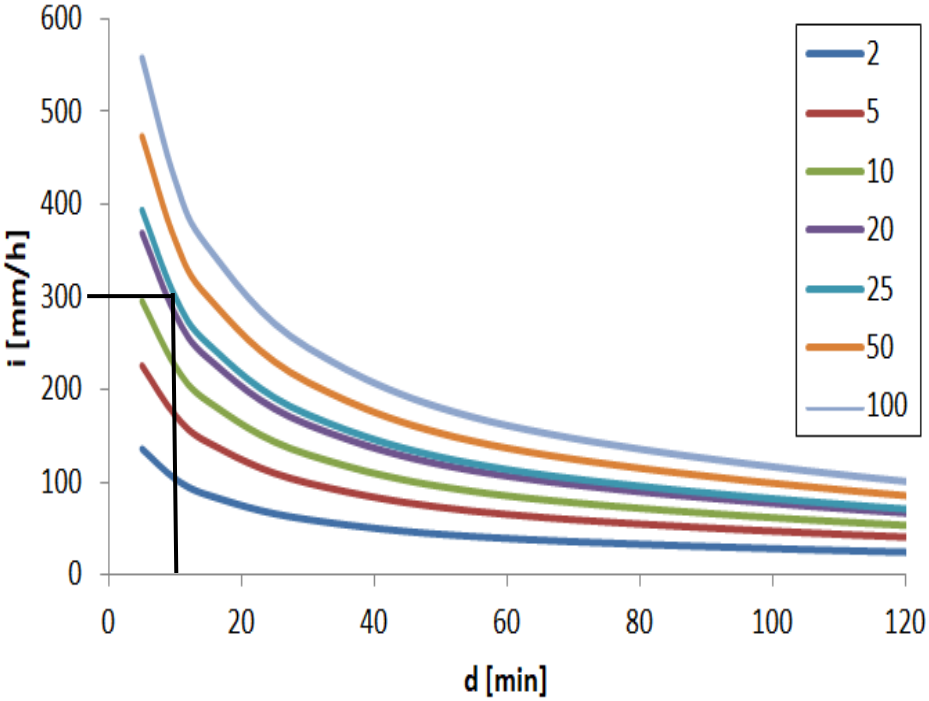
Para el diseño de las alcantarillas, se midió con la herramienta de Google Earth, el área, perímetro y longitud del área de la cuenca Mojtoro Lavayen que incide en la ruta. Además se obtuvieron las curvas IDR de una estación cercana al camino.

cuenca Mojotoro Lavayen		
	unidad	Cantidad
Sup	km2	1,48
Perímetro	km	4,89
long cuenca	km	1,09

Se determinó la diferencia de altura Dh entre el punto más alto de la cuenca (1493 m) y el punto más bajo (13m) y se tomó una recurrencia de 25 años ya que se trata de una obra de arte menor.

Se calculó con la siguiente fórmula el tiempo de concentración y con el gráfico de las curvas IDR, se obtuvo la intensidad de lluvia en mm/hs.

$$Tc = \left(0.87\ x\ \frac{L^3}{Dh}\right)^{0.385} = \left(0.87\ x\ \frac{1.09^3}{189}\right)^{0.385} = 0.14 = 8.31\ minutos$$



Intensidad de lluvia: i=300 (mm/hs).

Según vialidad de la nación para calcular el caudal en un camino de categoría tipo 3, se puede utilizar el método de bureau particularizando la fórmula para dicho camino como:

$$Q = \frac{2{,}6785}{1000} i.A^{(0{,}925-0{,}027logA)} = 81{,}75\ m3/seg$$

Siendo:

Q = Caudal máximo de derrame en m3/seg.

i = intensidad de lluvia (mm/hs)

A = área de la cuenca en Ha.

Por otro lado a modo comparativo, se calculó el caudal con el método racional:

$$Q = \frac{c\ x\ i\ x\ A}{360} = \frac{0.46x300x148}{360} = 57.73$$

Siendo:

Q = Caudal máximo de derrame en m3/seg.

C = coeficiente de escorrentía obtenido de tabla 1

i = intensidad de lluvia (mm/hs)

A = área de la cuenca en Ha.

TABLA I

Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional.

	Período de retorno (años)						
Característica de la superficie	**2**	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**	**500**
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
Área de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							

Una vez obtenido el caudal, se procedió a calcular la velocidad y el área de una alcantarilla, para la cual se utilizaron dos métodos distintos para poder comparar los valores obtenidos.

1- Método empírico de Tablot, formula empírica:

$$A = 0.183x\ C\ x\ \sqrt[4]{M^3} = 0.183\ x\ 0.50\ x\ \sqrt[4]{148^3} = 3.88$$

Dónde:
A = área de la alcantarilla (m2).
C = coeficiente de escurrimiento que depende de la topografía del lugar.
M = área de la cuenca.

VALORES DEL COEFICIENTE C - FORMULA DE TALBOT

CARACTERISTICA TOPOGRAFICAS DE LA CUENCA	COEFICIENTE C
MONTAÑOSA FUERTES PENDIENTES	1,00
MONTAÑOSA MEDIANAS PENDIENTES	0,80
MONTAÑOSA BAJAS PENDIENTES	0,60
MUY ONDULADA	0,50
ONDULADA	0,40
CASI LLANO	0,30
LLANO	0,20

2- Velocidad con la fórmula de Manning

$$V = \frac{1}{n}\, x\, Rh^{\frac{2}{3}} \text{ x } S^{\frac{1}{2}} = 18.27 \text{ m/s}$$

Dónde:
V = velocidad m/seg
Rh = radio hidráulico = 0.77
S = pendiente de la carretera donde atraviesa la alcantarilla = 8 %

Luego se obtuvo el área de la alcantarilla con la fórmula:

$$A = \frac{Q}{V} = 3.10\, m2$$

Por seguridad y teniendo en cuenta que al producirse una tormenta fuerte se podría llegar a arrastrar sedimentos y elementos flotantes, se optó dimensionar una alcantarilla para un área de 3.88 m2, dando una revancha del 30%, con lo cual el área de la alcantarilla será de 5m². Para la cual se propone una alcantarilla de luces múltiples doble de L=2m de ancho cada tramo y una altura H= 1.25 m. En la siguiente tabla se resumen los valores adoptados para la alcantarilla según el plano tipo de la DNV O-41211.

Alcantarilla de dos luces

Cuadro Nº1														
L	H	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
2	1,25	0,6	0,3	1,44	4,88	0,25	0,2	0,42	0,11	0,3	2,26	2,04	0,64	0,12

Cuadro Nº2								
Tipo	Luz	Espesor	Armadura Losa				Tapada Max	
			Resistente		Repartición		Luz	luz
			ϕ	separac.	ϕ	separac.	simpl	Mult
"C" - aplanadora	m	m	mm	m	mm	m	m	
20 tn	2	0,25	12	0,15	8	0,3	3,25	2

Profundidad del diente de fundación: 1,50 m

A lo largo del camino se preverán 5 alcantarillas, que se pueden observar en la planta del proyecto.

CAPITULO 8: Cómputo y presupuesto

A continuación se encuentra la planilla de cómputo, con la cual se realizó el presupuesto. Para realizar la misma se tomaron las distintas medidas de los planos adjuntos.

Cómputo:

Longitud del camino (m) = 2.059,03

Desboque y limpieza del terreno	Ha	6,18
Largo:		2.059,03
Ancho:		30,00
Sup: LargoxAncho=		61.770,90
Construcción de alambrados	ml	4.178,06
Largo:		2.059,03
Ancho:		30,00
Perimetro: Largox2 + Anchox2:		4.178,06
Excavación para desagüe longitudinal	m3	741,25
Long camino: (m)		2.059,03
Ancho cuneta (m)		0,90
Altura (m)		0,20
Excavación: Longxanchoxalturax2		741,25
Construcción de terraplenes con extracción lateral	m3	42.418,00
Computo: según perfiles transversales del terreno		
Excavación para fundaciones de alcantarillas (según detalle plano)	m3	154,50
Area rectangulo = L x ancho		24,00
Vol = H x (area rectangulo)		30,00
Vol Diente alcantarilla: prof 1,50 m x espesor 0,15 x L		0,90
Vol total = Vol alcant + vol diente		30,90
Cantidad alcantarillas: 5		154,50

Platea: fundación de HºAº Alcantarilla	m3	34,50
Area trapecio= c x (d + L)/2		6,39
Area rectangulo = L x ancho		24,00
Vol = 0,25 x (area trapeciox2 + area rectangulo)		6,00
Vol = Diente alcantarilla: prof 1,50 m		0,90
Vol total =		6,90
Cantidad alcantarillas: 5		34,50
Hormigón Armado Alcantarilla	m3	58,20
vol Tapa = L x e x ancho calzada		6,00
vol estribos laterales = i x j x H x 4		3,39
Vol tabique = H x ancho calzada x 0,30		2,25
vol total		11,64
Cantidad alcantarillas: 5		58,20
Impermeabilización con geotextil	m2	12.964,38
Ancho carpeta (m)		6
Longitud del camino (m)		2.059,03
Ancho carril adicional (m)		3
Longitud carril adicional (m)		203,4
sup total		12964,38
Compactación de base de asiento y preparación de la subrasante	m2	15.125,11
Area = ancho subrasante x long camino		15125,11
Ancho subrasante (m)		7
Long camino: (m)		2.059,03
Longitud carril adicional (m)		203,4
Ancho subrasante en carril adicional		3,50
Construcción de base granular estabilizada = ancho x espesor x longitud	m3	2.528,05
Ancho base granular (m)		6,5
Espesor base granular (m)		0,18
Longitud del camino (m)		2.059,03
Ancho base granular p/carril adicional (m)		3,25
Espesor base granular (m)		0,18
Longitud carril adicional (m)		203,4

Imprimación bituminosa (EBCI) = ancho base granular x long camino	m2	14.044,75
Ancho base granular (m)		6,5
Longitud del camino (m)		2.059,03
Ancho base granular p/carril adicional (m)		3,25
Longitud carril adicional (m)		203,4
Riego asfáltico diluido (EBCR-1): incluye dos riegos de liga, según detalle	m2	27.441,27
1º riego de liga = long camino x ancho base negra		13396,526
Ancho base negra (m)		6,2
Longitud del camino (m)		2.059,03
Ancho base negra p/ carril adicional (m)		3,1
Longitud carril adicional (m)		203,4
1º riego de liga = long camino x ancho base granular		14044,745
Ancho base granular (m)		6,5
Longitud del camino (m)		2.059,03
Ancho base granular p/carril adicional (m)		3,25
Longitud carril adicional (m)		203,4
Carpeta asfáltica c/mezcla elaborada de 0,06 m de espesor = long camino x ancho carpeta	m2	12.964,38
Ancho carpeta (m)		6
Longitud del camino (m)		2.059,03
Ancho carril adicional (m)		3
Longitud carril adicional (m)		203,4
sup total		12964,38

Análisis de precio:

A modo de ejemplo se realizaron los análisis de precio de tres ítem: Terraplén, imprimación y carpeta asfáltica.

ITEM Nº 3.7:	Riego de imprimación con EM1										
UNIDAD:	m2						**RENDIMIENTO =**		400,000	m2/h	
MATERIALES											
	Asfalto Diluido EM-1			0,0013	tn/m2	5203,56	$/tn			6,76	$/m2
									TOTAL MATERIALES =	6,01	$/m2
EQUIPOS											
1	Barredora sopladora							100	HP	61.200	$
1	Camion Regador Asfaltico							210	HP	990.000	$
							TOTALES	310	HP	**1.051.200,00**	$
AMORTIZACION E INTERESES											
1.051.200,00	/	10000	+	1.051.200,00	x	10%	/ (2 x 2.000)		=	**1.077,48**	$/h
REPARACIONES Y REPUESTOS											
105,12	$/h x	80%	=							**84,10**	$/h
COMBUSTIBLES											
Gas Oil:											
310	hp x	0,14	l/hp h x	15,694	$/l		=			**681,12**	$/h
LUBRICANTES											
30	% x	681,12	$ =							**204,34**	$/h
MANO DE OBRA											
0	Of. Especializado		x	198,90	$/h =	0,00	$/h				
2	Oficial		x	170,00	$/h =	340,00	$/h				
2	Ayudante		x	144,50	$/h =	289,00	$/h				
	Vigilancia	10%	x	513,40	$/h =	51,34	$/h			**680,34**	$/h
COSTO TOTAL DE PRODUCCION										**2.727,37**	$/h
COSTO DE PRODUCCION:				2.727,37	$/h /	400,00	m2/h	=		6,82	$/m2
RESUMEN											
Materiales										6,01	$/m2
Ejecución										6,82	$/m2
				COSTO DEL ITEM						**12,83**	$/m2
COEFICIENTE DE IMPACTO				1,5032							
PRECIO TOTAL:		12,83	$/m2	x		1,5032	=			**19,28**	$/m2
				PRECIO ADOPTADO				**19,28**	**$/m2**		

ITEM Nº 3.9:	Ejecución de carpeta con mezcla bituminosa tipo concreto asfáltico en 0.05 m de espesor										
UNIDAD:	m2							**RENDIMIENTO =**	400,000	m2/h	
MATERIALES											
	Agregado pétreo triturado			0,1000	tn/m2	581,42	$/tn.			58,14	$/m2
	Arena silícea			0,0120	tn/m2	441,50	$/tn.			5,30	$/m2
	Filler calcáreo			0,0030	tn/m2	1836,06	$/tn.			5,51	$/m2
	Cemento asfáltico			0,0062	tn/m2	4260,67	$/tn.			26,42	$/m2
	Fuel oil			0,8400	l/m2	6,05	$/l			5,08	$/m2
								TOTAL MATERIALES =		100,44	$/m2
EQUIPOS											
1	Planta de concreto asfáltico							0	HP	4.974.686	$
1	Cargadora Frontal							290	HP	2.133.750	$
1	Terminadora asfalto							110	HP	3.834.654	$
1	Rodillo neumático autopropulsado							60	HP	1.707.000	$
1	Grupo electrógeno							357	HP	362.738	$
1	Rodillo Compactador							100	HP	2.048.400	$
3	Camión Volcador							330	HP	921.780	$
1	Barredora sopladora							100	HP	62.184	$
1	Aplanadora 8 tn							160	HP	2.773.875	$
							TOTALES	1.507	HP	**18.819.065,36**	$
AMORTIZACION E INTERESES											
18.819.065,36	/	10000	+	18.819.065,36	x	10%	/ (2 x 2.000)		=	**19.289,54**	$/h
REPARACIONES Y REPUESTOS											
19289,54	$/h x	80%	=							**15.431,63**	$/h
COMBUSTIBLES											
Gas Oil:											
1.507	hp x	0,14	l/hp h	15,94	$/l		=			**3.363,02**	$/h
LUBRICANTES											
30	% x	1.762,11	$ =							**528,63**	$/h
MANO DE OBRA											
5	Of. Especializado		x	198,90	$/h =	994,50	$/h				
5	Oficial		x	170,00	$/h =	850,00	$/h				
6	Ayudante		x	144,50	$/h =	867,00	$/h				
	Vigilancia	10%	x	2711,50	$/h =	271,15	$/h			**2.982,65**	$/h
COSTO TOTAL DE PRODUCCION										**41.595,48**	$/h
COSTO DE PRODUCCION:				41.595,48	$/h /	400,00	m2/h	=		103,99	$/m2
RESUMEN											
Materiales										100,44	$/m2
Ejecución										103,99	$/m2
				COSTO DEL ITEM						**204,43**	$/m2
COEFICIENTE DE IMPACTO				1,5032							
PRECIO TOTAL:		204,43	$/m2	x		1,5032	=			**307,30**	$/m2
				PRECIO ADOPTADO P/ 0,06 m de espesor				**368,76**	**$/m2**		

ITEM Nº 2.3:	Terraplén con compactación especial										
UNIDAD:	m3						**RENDIMIENTO =**		197,100	m3/h	
MATERIALES											
							TOTAL MATERIALES =			-	$/m3
EQUIPOS											
1	Camión regador de agua							140	HP	1.807.200	$
6	Camión Volcador							660	HP	15.199.200	$
2	Topadora							610	HP	19.545.600	$
2	Rodillo neumático autopropulsado							120	HP	6.720.000	$
2	Rodillo Vibratorio							200	HP	436.800	$
4	Motoniveladora							860	HP	7.137.600	$
2	Cargadora Frontal							210	HP	6.424.800	$
2	Motobomba							40	HP	60.000	$
							TOTALES	3.840	HP	**57.331.200,00**	$
AMORTIZACION E INTERESES											
57.331.200,00	/	10000	+	57.331.200,00	x	10%	/ (2 x 2.000)		=	**7.166,40**	$/h
REPARACIONES Y REPUESTOS											
7166,40	$/h x	80%	=							**5.733,12**	$/h
COMBUSTIBLES											
Gas Oil:											
3.840	hp x	0,14	l/hp h x	15,94	$/l		=			**8.569,34**	$/h
LUBRICANTES											
30	% x	8.569,34	$ =							**2.570,80**	$/h
MANO DE OBRA											
14	Of. Especializado		x	198,90	$/h =	2784,60	$/h				
14	Oficial		x	170,00	$/h =	2380,00	$/h				
16	Ayudante		x	144,50	$/h =	2312,00	$/h				
	Vigilancia	10%	x	7476,60	$/h =	747,66	$/h			**8.224,26**	$/h
COSTO TOTAL DE PRODUCCION										**32.263,93**	$/h
COSTO DE PRODUCCION:				32.263,93	$/h /	197,10	m3/h	=		163,69	$/m3
RESUMEN											
Materiales										-	$/m3
Ejecución										163,69	$/m3
				COSTO DEL ITEM						**163,69**	$/m3
COEFICIENTE RESUMEN				1,5032							
PRECIO TOTAL:		163,69	$/m3	x		1,5032	=			**246,06**	$/m3
				PRECIO ADOPTADO				**246,06**	**$/m3**		

Coeficiente de resumen:

Para realizar el presupuesto de la obra se calculó un coeficiente de impacto, el cual se aplicó en todos los ítems.

CALCULO DEL COEFICIENTE RESUMEN SOBRE COSTO		
Costo Neto:		1
Gastos generales e indirectos	13%	0,13
Beneficios	10%	0,1
Subtotal 1		1,23
Gastos financieros	1%	0,0123
Subtotal 2		1,2423
I.V.A	21%	0,260883
TOTAL		1,503183
COEFICIENTE RESUMEN		**1,503183**

Presupuesto:

Una vez obtenido los precios unitarios de todos los ítems computados, se realizó el presupuesto de la obra para de esta manera obtener el precio final:

	Obra: Ruta provincial nº11				
	2,059 km				
Item	Obras a ejecutar	unidad	cantidad	precio unitario	subtotal
1	**Trabajos preliminares**				1,99%
1.1	Desboque y limpieza del terreno	Ha	6,18	$ 14.885,80	$ 91.950,90
1.2	Construcción de alambrados	m	4.178,06	$ 114,24	$ 477.309,55
1.3	Obrador	gl	1,00	$ 64.937,51	$ 64.937,51
2	**Movimiento de Suelo**				40,95%
2.1	Excavación	m3	43.542,00	$ 58,47	$ 2.546.067,01
2.2	Excavación para desagüe longitudinal	m3	741,25	$ 75,87	$ 56.235,47
2.3	Construcción de terraplenes con extracción lateral	m3	42.418,00	$ 246,06	$ 10.437.407,70
2.5	Excavación para fundaciones de alcantarillas	m3	234,42	$ 96,96	$ 22.728,26
3	**Obra civil**				55,16%
3.1	Platea: fundación de HºAº Alcantarilla	m3	50,48	$ 6.158,54	$ 310.907,77
3.2	Hormigón Armado Alcantarilla	m3	58,20	$ 9.310,37	$ 541.863,52
3.4	Impermeabilización con geotextil	m2	12.964,38	$ 50,81	$ 658.688,84
3.5	Compactación de base de asiento y preparación de la subrasante	m2	15.125,11	$ 6,46	$ 97.763,98
3.6	Construcción de base granular estabilizada	m3	2.528,05	$ 1.707,54	$ 4.316.755,34
3.7	Imprimación bituminosa (EBCI)	m2	14.044,75	$ 19,28	$ 270.831,50
3.8	Riego asfáltico diluido (EBCR-1)	m2	27.441,27	$ 4,74	$ 129.935,14
3.9	Carpeta asfáltica c/mezcla elaborada de 0,06 m de espesor	m2	12.964,38	$ 368,76	$ 4.780.796,56
3.10	Cordón cuneta, H17 0,15x0,30 m	ml	2.059,03	$ 396,15	$ 815.682,36
4	**Varios**				1,90%
4.1	Señalización	gl	1,00	$ 0,00	$ 74.247,04
4.2	Defensa flexible para caminos, Flex Bean, de chapa galvanizada empalmada con bulones (unidades de 7m)	u	80,00	$ 6.040,99	$ 483.279,35
4.3	provisión de movilidad para personal supervisión	gl	1,00	$ 48.703,13	$ 48.703,13
					$ 0,00
	Total				**$ 26.226.091,92**

Como se puede observar en la planilla, el costo por kilómetro será $12.731.112,58 la misma requiere de mucho movimiento de suelo, el cual tiene un porcentaje de incidencia del 40.95% del precio total de la obra.

CAPITULO 9: Conclusiones

En este proyecto, la problemática mayor que encontramos fue la topografía que presentaba el terreno, lo cual nos llevó a plantear diferentes alternativas, hasta poder optar por la más conveniente.

En un principio obtuvimos pendientes alrededor de un 25%, luego la misma se redujo a un 12% y finalmente, la alternativa planteada en el proyecto tiene una pendiente máxima de 10,5%. En este tramo, se consideró que se podría producir un embotellamiento en el carril ascendente dado que es una pendiente muy pronunciada para vehículos pesados, por lo cual se propuso un carril adyacente. Y se recomienda en el sentido descendente la ejecución de un lecho de arena en el caso de que algún vehículo pierda el control o tenga algún desperfecto técnico.

La traza del camino que se planteó tiene 9 curvas horizontales y 10 curvas verticales. Dichas curvas se plantearon de tal forma de acompañar el terreno existente y evitar pendientes pronunciadas. Con lo cual se obtuvo el menor movimiento de suelo posible. Sin embargo el mismo es considerable, aproximadamente de cuarenta y tres mil metros cúbicos de terraplén y cuarenta y dos mil metros cúbicos de desmonte. Con el objetivo de disminuir la diferencia existente entre el terraplén y el desmonte se planteó la posibilidad de agregar un muro de contención de hormigón armado en el kilómetro 1100, por lo tanto esta diferencia ya no existiría y en este caso tendríamos suelo restante, el cual se podrá utilizar en zonas factibles para suavizar las pendientes de los taludes, ya que las mismas son de 1:1.50.

Del estudio de suelo, se obtuvo que en la zona tenemos un suelo fino del tipo A4 y A6, areno limoso y areno arcilloso respectivamente los cuales son buenos y regulares para la subrasante. Por otro lado se obtuvo que el mayor CBR del lugar es de 6.6 y se planteó a través del método Shell, el cálculo del paquete estructural con un CBR = 6.6 y con un CBR = 10, considerando que si teníamos espesores mucho mayores se podría realizar un cambio de suelo. Los valores obtenidos con el CBR de 6.6, fueron valores razonables, por lo tanto se descartó la idea de cambiar el suelo.

Luego de realizar el cálculo del paquete estructural con el método Shell, se verificó con el método de AASHTO, dando el primero un espesor mayor tanto para la base granular como en la capa bituminosa, por lo cual se optó por dimensionar el paquete con los valores obtenidos en el método Shell para mayor seguridad.

Por seguridad y teniendo en cuenta que al producirse una tormenta fuerte se podría llegar a arrastrar sedimentos, se optó dimensionar las alcantarillas con una revancha del 30%.

Al realizar el cómputo y presupuesto se obtuvo que el precio por kilómetro será de más de doce millones y medio, con lo cual podemos decir que el movimiento de suelo que la misma requiere es importante, por el tipo de suelo y el terreno accidentado existente.

Con respecto al impacto ambiental para poder realizar el proyecto se deberá realizar cortes de taludes en montañas. A su vez se procederá a retirar los árboles que sean un obstáculo para la construcción del camino, debiendo plantar una vez finalizada la ruta 5 árboles por cada uno que se tale.

Durante la construcción de la ruta la misma generará polvo en suspensión.

Para poder realizar la ruta, será necesario en ciertas zonas expropiar tierras, aproximadamente 4 hectáreas. Se deberá proveer durante la construcción de la obra, la señalización correspondiente para cumplir con las normas de higiene y seguridad. Además se determinará un sector a lo largo del camino donde se puedan acopiar materiales.

La ruta será señalizada tanto horizontalmente como verticalmente. Con respecto a la señalización horizontal se pintarán las líneas según el manual MSH-2013-DNV con trazos discontinuos de 1,00 m de largo y 0,10 m de ancho, color blanco, alternados con 1,66 m sin pintar. Se demarcará sobre las obras de arte, alcantarillas, una doble línea amarilla y dos complementos a ambos lados de la prohibición de sobrepaso.

En cuanto a la señalización vertical La altura entre el filo inferior de la Señal Vertical y la rasante de la carretera (eje de la calzada) en la zona donde se instale dicha Señal deberá ser entre 1,30 m y 1,50 metros. Según el manual de MSV la separación mínima entre señales será de 25m. Se deberán colocar carteles de velocidades máximas y se señalizarán correctamente las curvas y contra curvas.

Finalmente se puede concluir que es una ruta factible de realizar. Se logró con el diseño de la misma brindar al conductor seguridad y comodidad a una velocidad preestablecida de 40 km/hs.

Hoy en día la ciudad de Güemes en el foco industrial de la provincia de Salta y conecta las distintas rutas para poder salir de la provincia. Se puede decir que al realizar esta ruta y unir la zona de la Caldera con Güemes, la gente se evita el cruce de la ciudad de Salta ahorrando tiempo.

Bibliografía consultada:

- (Pereyra, Apuntes de Catedra: Vias de comunicación 2013)
- (Pereyra, Apuntes de Cátedra "Construcción de Carreteras" 2015)
- (Universidad Nacional de la Plata s.f.) – Caminos I, Caminos de Montaña
- (vialidad nacional s.f.)www.vialidad.gov.ar
- (wikipedia s.f.)
- (Ruhle 1967)
- (Zamarian, Gustavo: apuntes topografía)

ANEXOS

Anexo I: Tablas TMDA – Vialidad Nacional: Ruta 9

Tablas TMDA – Vialidad Nacional: Ruta 9

DNV GPIC - SPPV - División Tránsito

Año: 2014

Atras

Ruta: 0009

Nº Distrito	Distrito	Límites del Tramo	Ini.	Fin	TMDA
5	Salta	ACC.A LA CALDERA (I) - LTE.C/JUJUY	1623,29	1647,93	359

Información adicional de la Estación Permanente

Serie Histórica

Año	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
TMDA	232	258	290	310	313	326	342	352	359

Clasificación

Promedio Anual

Año	Autos y Ctas.	Bus	S/A	C/A	Semi

Clasificación

Promedio Anual

Año	Autos y Ctas.	Bus	S/A	C/A	Semi
2014	93,8	0,6	5,6	0	0

Censo Cobertura

Clasificación

Año	Mes	Horas	Autos y Ctas.	Bus	S/A	C/A	Semi	TMD	Cant. Puestos
2014	4	48	92	0,4	7,6	0	0	300	1
2014	10	48	92	1,2	6,8	0	0	282	1

Velocidad

Estimador	Liv	Otros
P85	59,2	49,9
VM	48,1	42,6

cerrar

Año: 2014

Atras

Ruta: 0009

Nº Distrito	Distrito	Límites del Tramo	Ini.	Fin	TMDA
5	Salta	Rº.VAQUEROS (FIN.INT.) - ACC.A LA CALDERA (I)	1608,61	1623,29	1500

Censo Cobertura

Clasificación

Año	Mes	Horas	Autos y Ctas.	Bus	S/A	C/A	Semi	TMD	Cant. Puestos
2014	10	26	87,5	0,7	10,8	0,4	0,6	1869	1

Velocidad

Estimador	Liv	Otros
P85	73,5	67,2
VM	60,7	55,9

Anexo II: Gráficos de temperatura y precipitaciones

Grafico 1

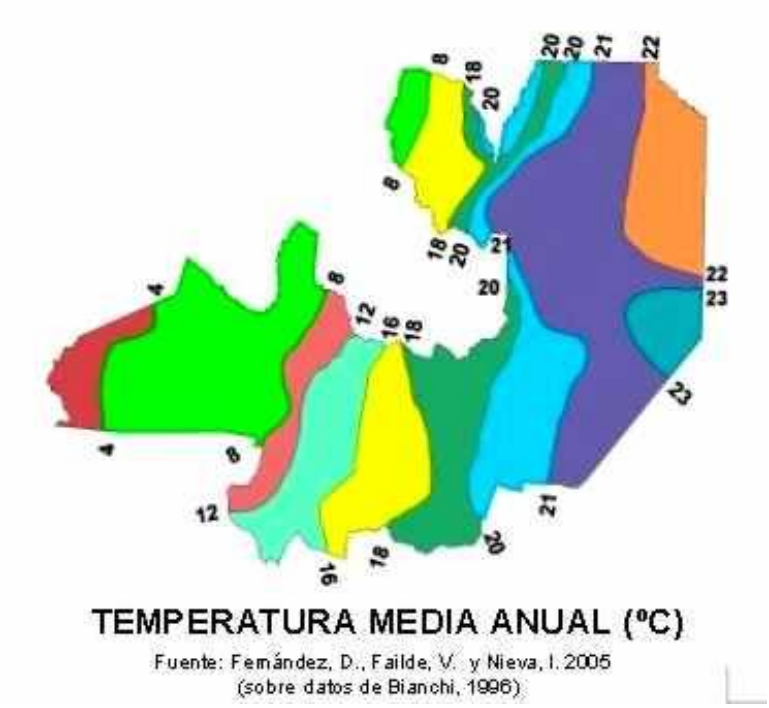
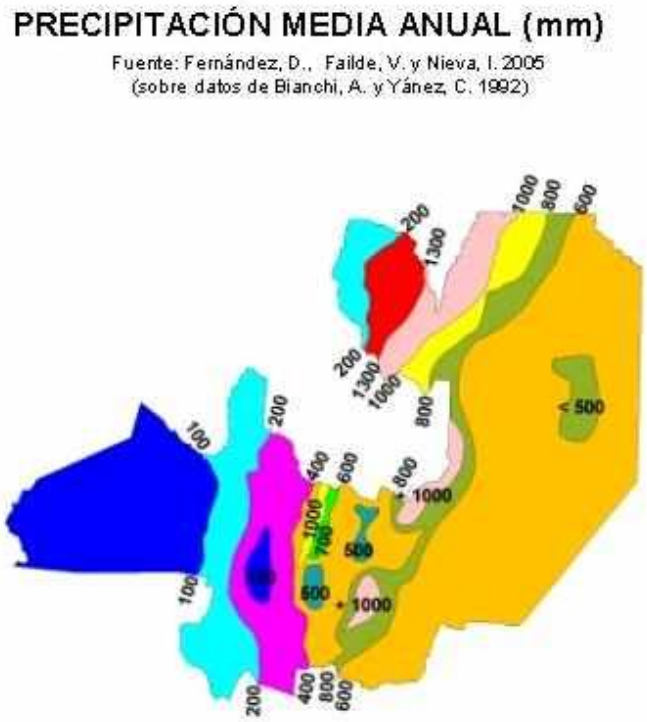
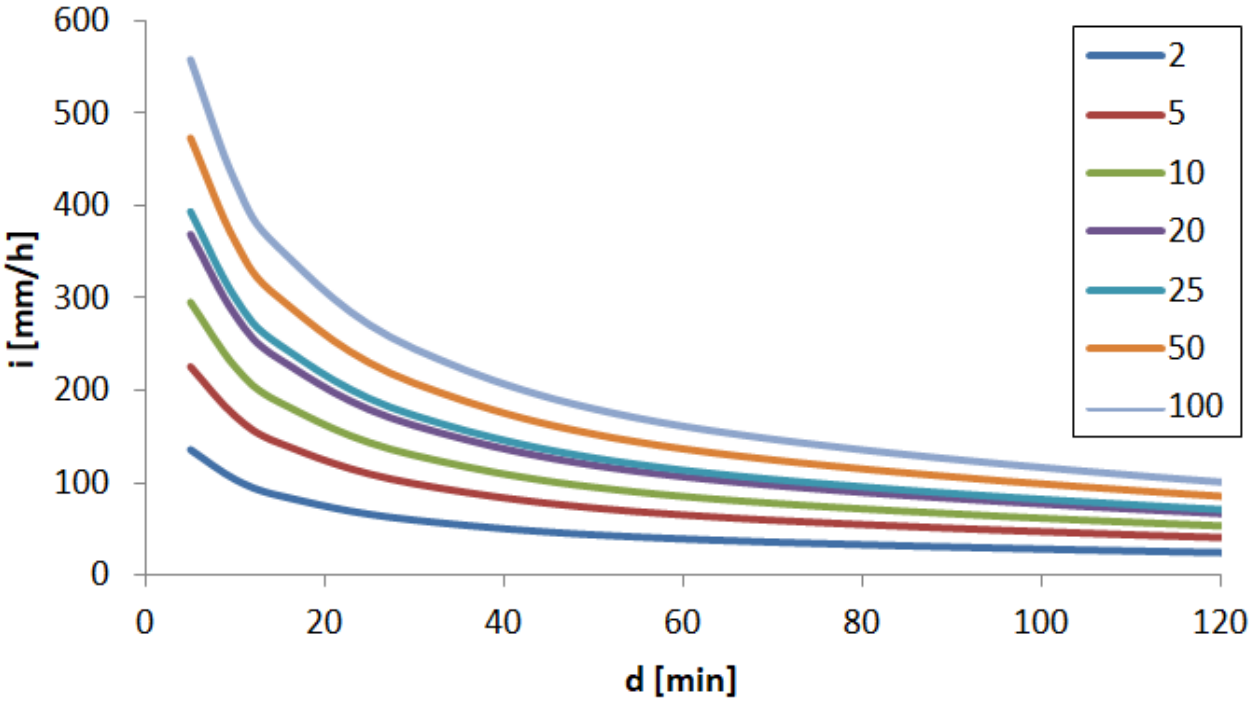
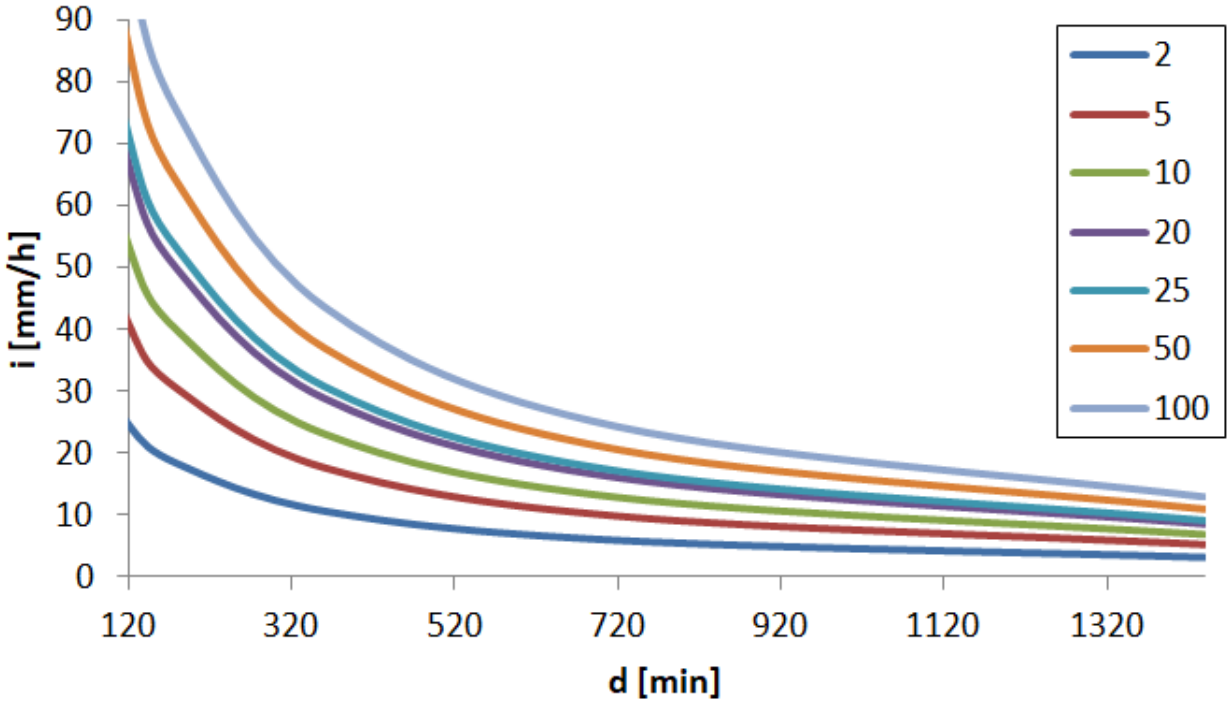


Grafico 2



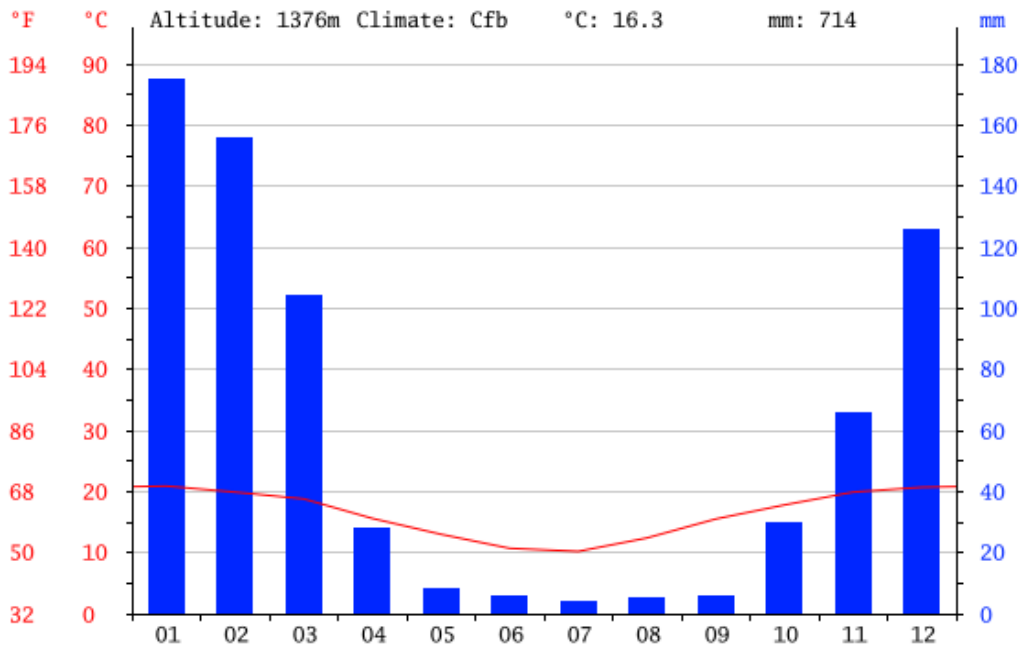
Mojotoro – El Angosto



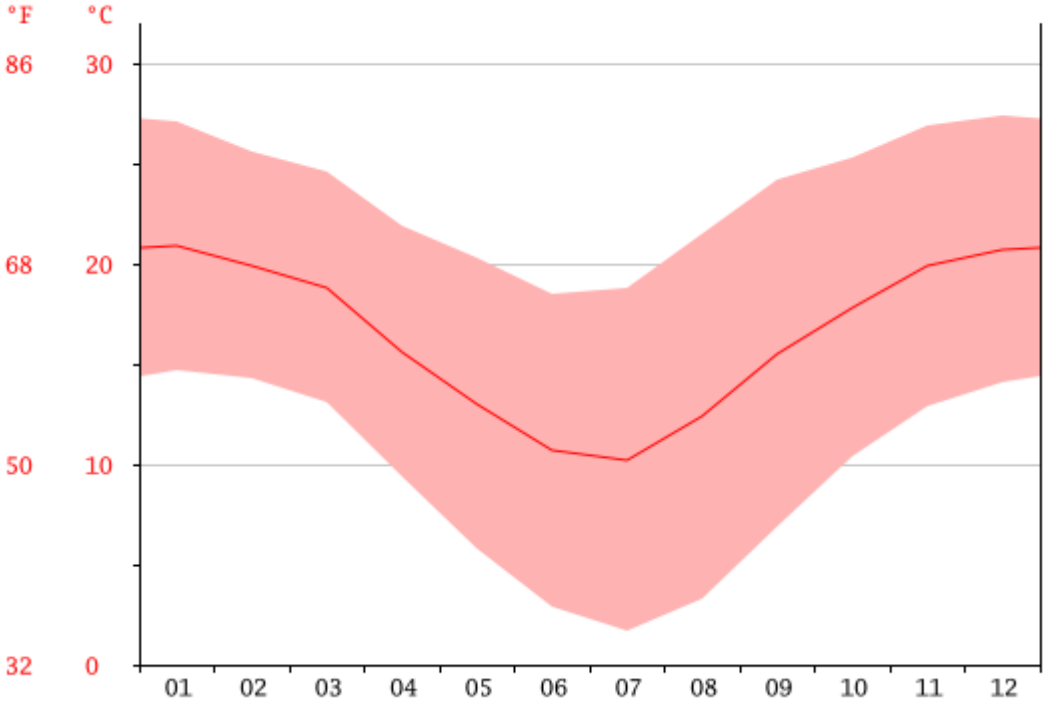


Anexo III: Climograma, Diagrama de temperatura.

- CLIMOGRAMA



- DIAGRAMA DE TEMPERATURA



Anexo IV: Tabla Climática

- TABLA CLIMATICA

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	175	156	104	28	8	6	4	5	6	30	66	126
°C	20.9	19.9	18.8	15.6	13.0	10.7	10.2	12.4	15.5	17.8	19.9	20.7
°C (min)	14.7	14.3	13.1	9.4	5.8	2.9	1.7	3.3	6.9	10.4	12.9	14.1
°C (max)	27.1	25.6	24.6	21.9	20.3	18.5	18.8	21.5	24.2	25.3	26.9	27.4
°F	69.6	67.8	65.8	60.1	55.4	51.3	50.4	54.3	59.9	64.0	67.8	69.3
°F (min)	58.5	57.7	55.6	48.9	42.4	37.2	35.1	37.9	44.4	50.7	55.2	57.4
°F (max)	80.8	78.1	76.3	71.4	68.5	65.3	65.8	70.7	75.6	77.5	80.4	81.3

Anexo V: Puntos del relevamiento topográfico

Puntos del relevamiento topográfico

PUNTO	NORTE	ESTE	Z	DESCRIPCION
1	10000	10000	1000	E1
2	10004.718	10000.679	999.706	2
3	10009.202	10001.836	999.243	3
4	10011.658	10002.644	999.455	4
5	10012.683	10031.703	1002.959	5
6	10014.762	10030.388	1002.386	6
7	10017.266	10028.703	1002.364	7EJE
8	10019.893	10027.18	1002.299	8
9	10022.516	10025.809	1002.464	9
10	10025.714	10058.02	1004.97	10
11	10027.405	10057.229	1004.89	11
12	10029.85	10056.071	1004.909	12EJE
13	10033.088	10054.64	1004.68	13
14	10035.226	10053.813	1004.595	14
15	10041.574	10081.778	1006.716	15
16	10043.219	10080.041	1006.845	16
17	10044.623	10077.422	1006.697	17
18	10046.025	10075.361	1006.517	18
19	10047.158	10074.211	1006.573	E2
20	10070.988	10103.323	1011.002	20
21	10072.062	10102.274	1009.323	21
22	10073.434	10101.41	1009.346	22
23	10075.45	10099.781	1009.602	23
24	10078.117	10097.086	1009.797	24
25	10079.706	10095.133	1009.815	25
26	10089.57	10121.873	1011.259	E3
27	10090.72	10121.375	1010.44	27
28	10085.065	10122.489	1011.414	28
29	10082.435	10122.607	1011.237	29
30	10081.426	10122.874	1011.163	30
31	10089.617	10144.94	1013.332	31
32	10090.593	10143.591	1013.429	32
33	10092.106	10141.291	1013.182	33
34	10093.918	10138.002	1012.709	34
35	10094.705	10136.968	1012.57	35
36	10098.216	10140.147	1013.369	36
37	10098.335	10143.696	1013.659	37
38	10098.91	10146.818	1013.935	38
39	10098.775	10148.628	1014.102	39
40	10100.9	10154.681	1015.616	40
41	10102.207	10158.981	1017.45	E4
42	10102.207	10158.981	1017.45	42

43	10113.545	10143.813	1014.178	43
44	10113.438	10142.958	1014.298	44
45	10113.133	10138.79	1014.449	45
46	10112.259	10133.181	1014.506	46
47	10112.256	10132.391	1014.633	47
48	10119.083	10145.015	1015.023	48
49	10120.481	10144.636	1015.101	49
50	10124.57	10142.877	1015.582	50
51	10127.764	10141.159	1015.989	51
52	10129.211	10140.328	1016.038	52
53	10115.581	10149.166	1015.963	53
54	10116.695	10150.271	1015.808	54
55	10119.235	10153.039	1016.162	55
56	10121.732	10156.008	1016.321	56
57	10122.189	10156.459	1016.426	57
58	10105.572	10163.836	1017.397	58
59	10107.11	10166.527	1017.357	59
60	10108.181	10167.864	1017.208	60
61	10087.23	10169.931	1018.78	61
62	10087.365	10170.636	1018.749	62
63	10087.711	10173.496	1019.135	63
64	10087.649	10176.658	1019.363	64
65	10087.777	10177.78	1019.235	65
66	10074.008	10171.414	1020.217	66
67	10073.533	10173.745	1020.183	E5
68	10075.479	10168.664	1019.978	68
69	10076.678	10165.694	1020.302	69
70	10048.949	10152.905	1022.768	70
71	10047.855	10155.09	1022.495	71
72	10046.673	10157.538	1022.536	72
73	10045.551	10159.675	1022.491	72
74	10044.373	10161.74	1022.62	74
75	10020.898	10140.194	1024.356	75
76	10020.25	10141.134	1024.502	76
77	10018.521	10143.216	1024.649	77
78	10016.861	10145.504	1024.79	78
79	10015.265	10147.177	1024.807	79
80	9990.68	10125.136	1026.199	80
81	9992.463	10123.325	1025.857	E6
82	9994.945	10120.79	1026.013	82
83	9996.734	10118.974	1025.975	83
84	9998.289	10117.588	1025.866	84
85	9977.539	10097.931	1027.249	85
86	9975.911	10100.798	1027.4	86
87	9974.579	10102.783	1027.354	87
88	9973.035	10104.932	1027.2	88

89	9971.25	10107.179	1027.401	89
90	9962.261	10092.053	1027.865	E7
91	9961.011	10095.229	1028.03	91
92	9959.723	10097.67	1027.956	92
93	9958.865	10099.448	1028.113	93
94	9960.853	10095.005	1027.99	94
95	9935.078	10082.339	1028.936	95
96	9933.888	10085.64	1029.205	96
97	9932.994	10088.183	1029.182	97
98	9931.916	10090.319	1029.369	98
99	9903.784	10071.62	1030.513	99
100	9902.516	10075.086	1030.77	100
101	9901.629	10077.97	1030.682	101
102	9901.204	10079.706	1030.9	102
103	9859.782	10068.922	1032.753	E8
104	9858.89	10067.198	1032.87	104
105	9860.015	10069.54	1032.863	105
106	9861.702	10073.619	1032.548	106
107	9862.619	10076.765	1032.336	107
108	9863.051	10077.602	1032.696	108
109	9835.564	10087.598	1032.883	109
110	9836.179	10088.246	1033.041	110
111	9837.679	10090.068	1033.015	111
112	9839.21	10091.763	1032.828	112
113	9839.515	10092.369	1032.87	113
114	9816.238	10110.117	1032.065	114
115	9816.911	10110.454	1032.192	115
116	9819.106	10111.88	1032.177	116
117	9821.036	10112.969	1032.015	117
118	9810.217	10118.373	1032.238	E9
119	9809.812	10118.231	1032.237	119
120	9810.786	10118.697	1032.001	120
121	9814.209	10120.184	1031.872	121
122	9824.649	10109.546	1032.011	122
123	9817.837	10121.031	1031.529	123
124	9806.576	10147.584	1030.556	124
125	9809.664	10147.545	1030.714	125
126	9812.937	10147.405	1030.64	126
127	9813.898	10147.382	1030.503	127
128	9806.014	10177.435	1029.473	128
129	9809.488	10177.794	1029.72	129
130	9812.571	10178.158	1029.81	130
131	9814.426	10178.445	1029.841	131
132	9801.225	10208.844	1028.45	132
133	9800.021	10208.359	1028.365	133
134	9804.222	10209.407	1028.621	134

135	9807.113	10210.22	1028.613	135
136	9808.209	10210.495	1028.464	136
137	9803.192	10227.415	1028.624	137
138	9802.314	10226.806	1027.902	138
139	9802.121	10226.68	1027.901	E10
140	9801.131	10226.547	1028.09	140
141	9799.119	10225.475	1028.04	141
142	9796.414	10223.509	1027.793	142
143	9794.736	10222.74	1027.846	143
144	9782.817	10238.683	1026.651	144
145	9783.334	10239.44	1026.604	145
146	9784.924	10241.965	1026.871	146
147	9786.968	10244.764	1027.2	147
148	9788.094	10246.195	1027.059	148
149	9789.15	10246.977	1027.771	149
150	9772.628	10243.204	1025.891	E11
151	9772.574	10242.632	1025.849	151
152	9772.801	10244.033	1026.007	152
153	9773.723	10247.755	1026.427	153
154	9774.388	10251.298	1026.765	154
155	9774.786	10252.703	1026.568	155
156	9774.856	10254.762	1027.511	156
157	9747.277	10238.677	1025.524	157
158	9746.905	10240.796	1025.602	158
159	9746.273	10243.694	1025.597	159
160	9745.453	10246.748	1025.423	160
161	9745.26	10247.897	1025.329	161
162	9745.104	10248.595	1026.539	162
163	9719.754	10235.882	1023.953	163
164	9720.166	10238.523	1024.281	164
165	9720.354	10242.074	1024.272	165
166	9720.452	10245.421	1024.063	166
167	9720.496	10248.552	1024.326	167
168	9719.792	10249.847	1026.233	168
169	9688.524	10249.456	1022.286	E12
170	9688.187	10249.118	1022.272	170
171	9689.854	10251.177	1022.527	171
172	9691.521	10253.629	1022.495	172
173	9693.742	10256.193	1022.244	173
174	9694.884	10257.411	1022.003	174
175	9695.654	10258.96	1023.142	175
176	9666.98	10272.351	1020.695	176
177	9666.454	10271.685	1020.046	177
178	9667.634	10272.748	1020.765	178
179	9669.947	10274.939	1020.896	179
180	9671.993	10276.91	1020.859	180

181	9673.186	10278.161	1020.678	181
182	9674.091	10278.582	1021.402	182
183	9648.616	10295.25	1019.4	183
184	9649.167	10295.619	1019.404	184
185	9647.713	10294.492	1018.761	185
186	9651.716	10297.047	1019.392	186
187	9653.995	10298.619	1019.229	187
188	9655.76	10299.879	1019.16	188
189	9656.644	10300.622	1019.88	189
190	9642.629	10319.695	1018.182	E13
191	9641.132	10319.822	1017.652	191
192	9643.178	10319.639	1018.254	192
193	9645.522	10319.362	1018.277	193
194	9649.092	10318.902	1018.108	194
195	9650.453	10318.81	1017.795	195
196	9651.549	10319.053	1018.477	196
197	9651.237	10348.621	1016.762	197
198	9652.424	10348.225	1016.671	198
199	9654.619	10347.126	1016.705	199
200	9657.425	10345.877	1016.537	200
201	9658.579	10345.315	1017.854	201
202	9669.795	10376.694	1014.94	202
203	9672.628	10374.607	1015.112	203
204	9674.581	10373.151	1015.048	204
205	9677.302	10386.417	1014.619	E14
206	9677.079	10386.567	1014.546	206
207	9677.811	10386.021	1014.45	207
208	9679.988	10384.029	1014.473	208
209	9674.756	10370.699	1015.092	209
210	9681.705	10381.82	1014.24	210
211	9682.315	10381.414	1015.041	211
212	9688.142	10397.083	1013.262	212
213	9689.121	10396.153	1013.395	213
214	9691.535	10393.928	1013.573	214
215	9693.458	10392.171	1013.751	215
216	9694.341	10391.094	1013.69	216
217	9695.157	10389.813	1014.351	217
218	9688.967	10399.651	1013.018	218
219	9689.868	10399.8	1012.885	219
220	9693.258	10401.193	1013.069	220
221	9695.7	10402.54	1013.245	221
222	9698.437	10403.608	1013.362	222
223	9687.528	10401.587	1012.48	223
224	9688.064	10402.9	1012.451	224
225	9690.347	10405.496	1012.683	225
226	9691.925	10408.521	1012.91	226

227	9692.764	10409.914	1012.971	227
228	9695.365	10411.393	1012.316	228
229	9684.228	10401.675	1012.119	229
230	9684.058	10402.536	1012.059	230
231	9682.483	10406.021	1012.202	231
232	9680.835	10409.476	1012.342	232
233	9680.521	10410.033	1012.437	233
234	9669.626	10389.548	1011.456	234
235	9668.814	10390.485	1011.332	235
236	9666.461	10392.593	1011.313	236
237	9664.811	10395.059	1011.105	237
238	9663.771	10396.022	1011.201	238
239	9651.054	10387.94	1010.801	239
240	9651.723	10387.184	1010.79	E15
241	9652.241	10386.238	1010.54	241
242	9654.372	10384.039	1010.683	242
243	9656.947	10381.456	1010.568	243
244	9657.578	10380.653	1010.833	244
245	9638.418	10363.237	1009.066	245
246	9639.052	10362.844	1009.086	246
247	9639.638	10362.378	1010.334	247
248	9636.242	10363.919	1009.089	248
249	9634.218	10364.746	1009.102	249
250	9633.271	10365.274	1009.378	250
251	9621.431	10350.593	1008.522	E16
252	9622.695	10354.524	1008.172	252
253	9623.929	10356.76	1007.925	253
254	9624.749	10358.471	1008.037	254
255	9615.696	10366.629	1007.262	255
256	9616.457	10366.368	1007.244	256
257	9618.978	10365.642	1007.253	257
258	9621.352	10364.901	1007.26	258
259	9622.688	10364.412	1007.238	259
260	9626.82	10403.659	1004.575	E17
261	9632.39	10382.299	1006.116	261
262	9631.012	10382.685	1006.061	262
263	9628.557	10383.518	1005.991	263
264	9625.671	10385.116	1005.782	264
265	9624.283	10385.502	1006.501	265
266	9630.923	10404.251	1004.731	266
267	9633.619	10404.33	1004.773	267
268	9634.54	10404.582	1004.659	268
269	9627.018	10438.223	1002.93	E18
270	9628.007	10437.836	1002.832	270
271	9630.363	10435.907	1002.704	271
272	9633.505	10433.593	1002.397	272

273	9634.38	10432.901	1002.376	273
274	9650.627	10447.109	1002.948	E19
275	9650.683	10444.358	1001.419	275
276	9650.548	10443.698	1001.502	276
277	9650.868	10441.14	1001.618	277
278	9650.89	10439.155	1001.62	278
279	9650.443	10438.146	1001.806	279
280	9657.571	10446.645	1000.845	280
281	9658.023	10446.12	1000.957	281
282	9659.815	10444.369	1001.177	282
283	9661.561	10442.964	1001.269	283
284	9662.265	10442.346	1001.38	284
285	9658.67	10450.02	1000.653	285
286	9660.028	10450.286	1000.594	286
287	9662.271	10451.551	1000.738	287
288	9664.332	10451.774	1000.88	288
289	9665.56	10451.948	1001.065	289
290	9652.578	10462.003	999.515	290
291	9653.061	10462.9	999.515	291
292	9652.576	10461.277	1000.047	292
293	9654.322	10465.624	999.728	293
294	9655.729	10467.977	999.859	294
295	9656.526	10469.162	999.994	295
296	9636.607	10463.12	998.925	296
297	9636.131	10464.432	998.9	297
298	9634.76	10466.66	999.046	298
299	9633.077	10469.081	999.121	299
300	9632.71	10470.023	999.379	300
301	9632.544	10470.418	999.282	E20
302	9610.946	10446.473	997.285	302
303	9610.37	10447.309	997.305	303
304	9608.895	10449.173	997.387	304
305	9607.352	10450.959	997.345	305
306	9606.927	10451.372	997.501	306
307	9590.51	10425.789	995.725	307
308	9589.447	10426.604	995.96	308
309	9587.383	10427.912	995.947	309
310	9585.058	10429.479	995.799	310
311	9584.383	10429.891	995.807	311
312	9568.185	10404.866	994.361	312
313	9569.429	10404.213	994.172	313
314	9549.451	10383.287	993.428	E21
315	9571.71	10403.101	994.231	315
316	9573.684	10402.054	994.127	316
317	9574.691	10401.562	994.098	317
318	9559.03	10391.904	993.565	318

319	9559.774	10391.142	993.464	319
320	9561.393	10389.137	993.584	320
321	9563.173	10386.88	993.689	321
322	9563.779	10386.015	993.731	322
323	9549.947	10384.634	993.305	323
324	9550.712	10387.055	993.062	324
325	9551.262	10389.899	992.746	325
326	9551.552	10390.577	992.856	326
327	9531.954	10408.215	991.556	327
328	9534.441	10409.586	991.588	328
329	9536.361	10410.599	991.399	329
330	9537.525	10411.126	991.607	330
331	9527.387	10432.742	990.343	E22
332	9527.297	10432.759	990.385	332
333	9529.622	10432.646	990.341	333
334	9531.868	10432.558	990.185	334
335	9532.602	10432.596	990.292	335
336	9539.428	10449.333	989.331	336
337	9538.573	10449.903	989.221	337
338	9536.569	10451.13	989.326	338
339	9534.769	10452.383	989.347	339
340	9546.159	10461.348	988.717	E23
341	9546.63	10459.196	988.64	341
342	9547.335	10456.825	988.374	342
343	9547.531	10455.768	988.453	343
344	9562.448	10458.833	988.866	E24
345	9561.683	10457.788	987.979	345
346	9560.873	10457.034	987.893	346
347	9558.932	10455.124	987.878	347
348	9557.521	10453.439	987.648	348
349	9557.072	10452.985	987.621	349
350	9566.546	10452.058	987.004	350
351	9565.966	10451.236	987.017	351
352	9564.886	10449.128	987.206	352
353	9563.899	10446.924	987.277	353
354	9563.621	10446.552	987.217	354
355	9572.805	10454.263	986.27	355
356	9573.794	10453.826	986.213	356
357	9576.547	10452.969	986.425	357
358	9578.981	10452.185	986.652	358
359	9579.987	10451.487	986.752	359
360	9572.012	10460.39	985.741	360
361	9573.396	10461.178	985.585	361
362	9576.325	10463.141	985.913	362
363	9578.462	10465.229	986.108	363
364	9580.25	10465.779	986.08	364

365	9555.921	10475.516	984.378	E25
366	9556.034	10473.074	984.364	366
358	9555.902	10472.567	984.246	358EJE
359	9555.548	10470.515	984.163	359MD
360	9555.379	10469.375	984.182	360BD
361	9555.156	10468.881	985.154	361
362	9528.476	10470.711	982.461	362
363	9529.582	10469.043	982.867	BI363
364	9529.95	10468.355	982.698	364MI
365	9531.547	10466.555	982.718	365E
366	9532.786	10464.496	982.694	366MD
367	9533.166	10463.599	982.588	367BD
368	9533.647	10462.687	983.456	368
369	9509.164	10450.404	980.885	E26
370	9507.414	10450.966	980.507	370
371	9508.664	10450.61	980.979	371BI
372	9509.348	10450.231	980.852	372MI
373	9511.728	10449.11	980.722	373E
374	9513.472	10448.256	980.587	374MD
375	9514.028	10447.786	980.657	375B
376	9514.684	10447.433	981.894	376
377	9504.101	10409.011	977.604	377
378	9504.976	10409.839	978.107	378BI
379	9505.594	10409.841	977.941	E27MI
380	9507.787	10410.309	978.018	380E
381	9510.129	10410.696	978.02	381MD
382	9511.501	10410.707	978.003	382B
383	9512.393	10410.913	979.427	383
384	9511.242	10377.22	974.887	384
385	9512.955	10377.99	975.513	385BI
386	9513.389	10378.213	975.569	386MI
387	9515.745	10379.221	975.718	387E
388	9518.005	10380.079	975.648	388MD
389	9519.199	10380.643	975.385	389BD
390	9520.465	10381.162	976.94	390
391	9526.843	10344.117	973.024	391BI
392	9527.259	10344.426	973.045	392MI
393	9529.627	10345.901	973.206	393E
394	9531.433	10346.995	973.26	394MD
395	9532.483	10347.451	973.064	395BD
396	9533.131	10347.89	973.805	396
397	9545.373	10304.043	970.781	397
398	9546.1	10298.789	969.962	398
399	9544.792	10304.005	970.772	399MD
400	9545.166	10303.954	970.957	E28
401	9544.687	10304.28	970.943	401BD

402	9544.086	10308.037	970.767	402MD
403	9542.901	10313.22	970.474	403E
404	9542.177	10315.753	970.359	404MI
405	9541.724	10317.411	970.244	405BI
406	9540.151	10321.318	970.895	406
407	9540.991	10323.455	971.508	407
408	9541.85	10323.702	971.413	408BI
409	9542.434	10324.11	971.189	409MI
410	9545.183	10325.824	971.604	410E
411	9547.476	10327.474	971.744	411MD
412	9547.946	10327.884	971.956	412BD
413	9548.676	10328.592	972.775	413
414	9553.764	10308.658	971.283	414
415	9552.19	10310.023	971.404	415BD
416	9550.732	10311.364	971.283	416MD
417	9547.146	10315.128	970.905	417E
418	9544.462	10318.696	970.652	418MI
419	9543.453	10320.017	970.759	419BI
420	9541.675	10321.642	970.896	420
421	9528.979	10314.098	969.084	421
422	9529.784	10314.958	969.926	422BD
423	9530.296	10315.239	969.729	423MD
424	9532.783	10317.989	969.715	424E
425	9535.421	10321.77	969.426	425MI
426	9536.404	10322.888	969.615	426BI
427	9537.324	10323.94	970.333	427
428	9503.435	10343.638	966.531	428
429	9502.974	10343.098	966.16	429
430	9503.705	10343.947	966.606	430BD
431	9504.386	10344.514	966.588	431MD
432	9506.893	10347.652	966.904	432E
433	9508.76	10349.909	966.908	433MI
434	9509.533	10350.973	966.754	434BI
435	9510.127	10351.759	967.247	435
436	9510.535	10351.986	967.815	436
437	9481.839	10367.074	964.477	437BD
438	9481.134	10366.355	963.921	438
439	9482.659	10367.583	964.526	439MD
440	9485.562	10369.983	964.722	440E
441	9487.98	10371.848	964.608	441MI
442	9488.937	10372.578	964.469	442BI
443	9489.607	10373.09	964.943	443
444	9466.464	10402.012	962.071	E29
445	9465.987	10401.931	961.979	445BD
446	9467.102	10402.213	961.944	446MD
447	9465.237	10401.598	961.604	447

448	9470.558	10403.217	962.066	448E
449	9473.435	10403.988	961.919	449MI
450	9474.512	10404.2	961.78	450BI
451	9475.739	10404.522	962.569	451
452	9458.472	10434.851	958.665	452
453	9460.158	10435.282	959.515	453BD
454	9461.405	10435.458	959.622	454MD
455	9464.299	10435.995	959.744	455E
456	9466.927	10436.414	959.671	456MI
457	9467.918	10436.597	959.679	457BI
458	9470.237	10436.267	962	458
459	9456.544	10475.116	955.219	459
460	9458.26	10475.057	956.334	460BD
461	9458.808	10474.919	956.396	461MD
462	9461.883	10474.955	956.584	462E
463	9464.779	10475.083	956.683	463MI
464	9466.442	10474.995	956.691	464BI
465	9462.412	10516.59	951.757	465
466	9464.431	10515.636	952.729	466BDYE30
467	9464.935	10515.473	952.849	467MD
468	9467.729	10514.24	952.867	468E
469	9470.331	10513.223	952.847	469MI
470	9471.246	10512.688	952.931	470BI
471	9472.979	10512.191	954.561	471
472	9484.233	10507.251	959.046	472
473	9492.394	10499.005	962.886	473
474	9509.734	10502.796	966.05	474
475	9477.659	10545.912	949.688	475
476	9478.636	10545.567	950.288	476BD
477	9479.676	10544.914	950.369	477MD
478	9482.693	10543.221	950.471	478E
479	9485.036	10542.073	950.401	479MI
480	9485.862	10541.627	950.401	480BI
481	9486.541	10541.388	950.522	481
482	9487.642	10540.869	951.063	482
483	9500.257	10574.345	946.276	483
484	9501.156	10573.672	947.383	484BD
485	9501.542	10573.242	947.23	485MD
486	9503.888	10571.527	947.414	486E
487	9506.135	10569.896	947.398	487MI
488	9506.978	10569.101	947.173	488BI
489	9518.694	10583.897	945.352	489ALC
490	9517.289	10584.73	946.17	490ALC
491	9519.017	10585.372	945.212	491ALC
492	9519.843	10585.975	945.944	492ALC
493	9518.315	10586.263	946.121	493ALC

494	9518.762	10587.028	945.948	494ALC
495	9511.541	10590.266	944.902	495ALC
496	9512.433	10590.924	944.764	496ALC
497	9512.741	10592.099	944.723	497ALC
498	9512.454	10589.004	945.918	498ALC
499	9513.495	10590.238	945.859	499ALC
500	9514.299	10591.46	945.702	500ALC
501	9516.399	10588.865	945.922	501ALC
502	9532.197	10617.601	942.068	502
503	9532.695	10617.243	943.442	503BD
504	9533.436	10616.495	943.482	504MD
505	9535.747	10614.058	943.49	505E
506	9537.906	10612.065	943.502	506MI
507	9538.916	10611.292	943.446	507BI
508	9544.891	10627.919	941.834	508
509	9545.285	10626.397	942.594	E31
510	9545.25	10626.581	942.541	510BD
511	9545.616	10625.829	942.57	511MD
512	9546.736	10623.135	942.66	512E
513	9507.391	10567.19	948.337	513
514	9536.138	10606.306	945.692	514
515	9547.642	10619.626	942.409	515MI
516	9548.148	10618.63	942.371	516BI
517	9548.225	10618.09	944.284	517
518	9574.636	10624.248	939.246	518
519	9574.177	10623.051	940.217	519BD
520	9573.964	10622.422	940.318	520MD
521	9573.023	10619.898	940.441	521E
522	9572.187	10617.692	940.457	522MI
523	9571.738	10616.475	940.394	523BI
524	9571.308	10615.775	942.086	524
525	9598.758	10616.049	937.521	525
526	9598.085	10614.292	938.115	526BD
527	9597.836	10613.634	938.054	527MD
528	9597.096	10610.768	938.343	528E
529	9596.2	10608.255	938.456	529MI
530	9595.867	10607.489	938.555	530BI
531	9621.499	10611.465	937.054	531BI
532	9620.99	10612.058	937.069	532MI
533	9621.262	10611.753	937.101	E32
534	9618.404	10613.957	936.802	534E
535	9616.464	10615.861	936.522	535MD
536	9616.096	10616.343	936.578	536BD
537	9615.677	10616.984	936.846	537
538	9627.59	10618.216	935.713	538ALC
539	9625.882	10617.398	935.211	539ALC

540	9626.118	10615.129	935.454	540A
541	9625.122	10617.692	936.61	541A
542	9618.864	10623.699	935.501	542A
543	9618.888	10621.772	935.277	543A
544	9619.265	10622.383	935.453	544A
545	9618.497	10621.202	935.481	545A
546	9619.981	10621.236	936.057	546A
547	9617.708	10639.282	934.03	547
548	9620.753	10639.523	934.558	548BD
549	9621.5	10639.515	934.675	549MD
550	9624.566	10640.026	934.855	550E
551	9627.317	10640.36	934.901	551MI
552	9628.833	10640.583	934.827	552BI
553	9632.822	10640.718	935.287	553
554	9624.694	10660.65	931.106	554A70CM
555	9627.307	10664.381	931.992	555A
556	9627.241	10656.319	932.537	556A
557	9623.593	10660.517	933.388	557MDA
558	9621.18	10660.639	933.407	558E
559	9619.231	10661.554	933.257	559MDALC
560	9616.871	10661.56	932.272	560ALC3M
561	9617.396	10699.805	930.723	561
562	9618.205	10699.517	930.807	562BD
563	9619.629	10699.467	930.799	563MD
564	9622.761	10699.46	930.943	564E
565	9625.705	10699.361	930.872	565E
566	9626.676	10699.211	930.83	566BI
567	9627.549	10699.271	931.548	567
568	9616.295	10723.623	928.434	568
569	9618.763	10723.869	928.759	569BD
570	9619.628	10724.011	928.751	570MD
571	9622.879	10724.251	929.079	571E
572	9625.673	10724.664	929.374	572MI
573	9627.394	10724.866	929.198	573BI
574	9629.55	10725.017	930.037	574
575	9625.397	10735.31	927.426	575AL
576	9623.385	10736.328	926.556	576AL
577	9623.181	10738.66	927.709	577AL
578	9621.891	10735.509	928.851	578ALMI
579	9619.253	10734.157	928.595	579ALE
580	9616.215	10732.618	928.136	580ALMI
581	9619.899	10739.972	928.644	E33
582	9614.833	10730.203	926.811	582ALC
583	9614.847	10732.317	926.142	583ALC
584	9613.927	10732.852	926.501	584ALC
585	9585.169	10742.111	926.193	585

586	9585.591	10743.375	926.882	586BD
587	9586.371	10744.808	926.799	587MD
588	9587.019	10747.84	926.858	588E
589	9588.079	10751.038	926.689	589MI
590	9588.594	10752.086	926.839	590BI
591	9588.691	10753.187	927.655	591
592	9545.666	10759.227	922.96	592
593	9546.239	10760.242	923.888	593BD
594	9546.287	10760.995	923.859	594MD
595	9547.818	10764.226	924.053	595E
596	9548.949	10767.29	923.797	596MI
597	9549.528	10768.343	923.661	597BI
598	9510.475	10779.802	920.845	598
599	9511.8	10781.016	921.401	599BD
600	9511.984	10781.42	921.32	E34
601	9512.753	10782.24	921.045	601MD
602	9545.858	10770.64	924.397	602
603	9518.462	10788.843	921.795	603
604	9499.559	10807.036	918.285	604ALC
605	9498.671	10807.312	918.145	605ALC
606	9498.386	10808.195	918.501	606ALC
607	9497.68	10810.125	919.917	607
608	9497.697	10806.424	919.056	608MIALC
609	9495.66	10803.703	919.036	609EALC
610	9493.138	10801.16	918.891	610MDALC
611	9492.727	10800.876	919.013	611
612	9492.379	10800.362	916.79	612ALC
613	9466.635	10818.262	915.591	613
614	9469.03	10821.239	916.386	614BD
615	9470.192	10822.692	916.122	615MD
616	9472.67	10825.501	916.516	616E
617	9475.221	10828.621	916.319	617MI
618	9475.721	10829.243	916.516	618BI
619	9476.643	10829.995	917.161	619
620	9441.75	10840.466	912.929	620
621	9443.514	10842.403	913.526	621BD
622	9444.544	10843.669	913.542	622MD
623	9446.59	10846.677	913.772	623E
624	9448.493	10849.187	913.734	621MI
625	9449.363	10850.292	913.45	625BI
626	9450.575	10852.768	913.424	626
627	9417.565	10860.769	911.135	627
628	9418.055	10861.682	911.017	628BD
629	9418.297	10862.374	911.014	629MD
630	9420.225	10865.043	911.063	630E
631	9422.451	10868.054	910.862	631MI

632	9423.069	10869.073	910.735	632BI
633	9425.509	10873.202	910.579	633
634	9394.758	10887.636	909.103	634BD
635	9395.698	10887.861	908.791	E35
636	9395.512	10887.749	908.848	636MD
637	9398.602	10889.139	908.822	637E
638	9402.543	10890.448	908.546	638MI
639	9403.053	10891.261	908.476	639BI
640	9407.723	10892.045	909.206	640
641	9390.521	10886.16	908.62	641
642	9391.64	10906.665	907.851	642MDT1
643	9395.943	10906.804	907.873	643E
644	9399.243	10907.09	907.79	644
645	9400.08	10906.944	907.908	645BI
646	9393.645	10941.593	906.201	646MDT2
647	9397.57	10941.384	906.524	647E
648	9400.682	10941.383	906.598	648MD
649	9402.551	10941.434	906.814	649BI
650	9403.784	10941.274	907.502	650
651	9403.308	10965.369	906.522	651
652	9400.155	10965.857	906.644	652
653	9395.838	10967.26	906.454	653PAV
654	9394.365	10967.827	906.458	654PAV
655	9371.44	10918.918	905.105	655T3
656	9372.328	10915.556	905.149	656E
657	9371.767	10912.785	905.198	657MD
658	9389.512	10903.619	907.622	658E
659	9388.153	10901.917	907.463	659MD

Anexo VI: Tablas de Rühler – Características de diseño geométrico en caminos rurales.

PLANILLA Nº 1

CARACTERISTICAS DE DISEÑO GEOMETRICO DE CAMINOS RURALES

CATEGORIA DEL CAMINO	CARACTERISTICAS BASICAS: VOLUMEN TRANS DIARIO DE DISEÑO (1)	CARACTERISTICAS BASICAS: CONTROL DE ACCESOS	CARACTERISTICAS BASICAS: Nº DE TROCHAS	TOPOGRAFIA	VELOCIDAD DIRECTRIZ (2) km/h	PERALTE MAXIMO (3) %	RADIO MINIMO (3) DESEABLE mts	RADIO MINIMO (3) ABSOLUTO mts	PENDIENTES MAXIMAS Y LONGITUDES CORRESPONDIENTES EN RECTA HASTA 500m S/NIVEL DEL MAR (4): VALORES DESEABLES PEND. %	VALORES DESEABLES LONG. mts	VALORES LIMITES S/VOL DE TRANSITO DIARIO DE DISEÑO PEND %	LONGITUD VOL. MAX. mts	LONGITUD VOL. MIN. mts	DISTANCIA MINIMA DE VISIBILIDAD (5): PARA DETENCION mts	PARA SOBREPASO mts	ANCHOS DE CORONAMIENTO: CALZADA mts	BANQUINA (6) mts	CANTERO CENTRAL (7) mts	TOTAL mts	TALUDES DEL TERRAPLEN SEG SU ALTURA (8): 0 A 1.50 S/BARANDA	1.50 A 3.00 S/BARANDA	3.00 A 5.00 C/BARANDA	5.00 C/BARANDA	ANCHOS DE OBRAS DE ARTE ENTRE GUARDARRUEDAS SEGUN SU LUZ (9): L ≤ 10 mts	L > 10 mts	CRUCES (10) CON FERROCARRILES: VOL TRANSITO PREVISTO EN TRENES POR DIA: 0-10	10-100	> 100	CRUCES CON CAMINOS: VOL TRANSITO PREVISTO EN VEHICULOS POR DIA: 0 a 150	150 a 500	500 a 1500	1500 a 5000	5000 a 15000	> 15000
ESPECIAL	>15000	TOTAL	>(2+2)	LLANURA	150	6	1200	700	2	1400	3	3800	—	260	860	7.50	3.50	≥ 11.00	>33.00	1:6	1:4	1:3	1:2	> 3.300	>2x1300	DIF. NIV.	DIF. NIV.	DIF. NIV.	DIF. N.	DIF. N.	DIF. N.	DIF. N.	DIF. N.	DIF. N.
				ONDULADA	110	8	800	500	3	540	4	2100	—	185	740	7.50	3.50	≥ 11.00	>33.00	1:6	1:4	1:3	1:2	> 33.00	>2x1300	"	"	"	"	"	"	"	"	"
I	5000 A 15000	TOTAL O PARCIAL	2+2	LLANURA	130	8	1200	700	3	540	3	3800	—	260	860	7.50	3.00	≥ 4.00	≥25.00	1:6	1:4	1:2	1:1½	≥ 25.00	≥ 20.00	"	"	"	CAN.	CAN.	"	"	"	"
				ONDULADA	110	8	800	500	3	540	5	1400	—	185	740	7.50	3.00	≥ 4.00	≥25.00	1:6	1:4	1:2	1:1½	≥ 25.00	≥ 20.00	"	"	"	"	"	"	"	"	"
				MONTAÑOSA	80	10	350	220	4	330	6	1000	—	110	540	7.00	3.00	≥ 1.00	≥21.00	1:3	1:1½	1:1½	1:1½	≥ 21.00	≥ 16.00	"	"	"	"	"	"	"	"	"
II	1500 A 5000	PARCIAL	2	LLANURA	120	8	800	600	3	540	3	760	3800	220	800	7.30	3.00	—	13.30	1:4	1:4	1:2	1:1½	13.30	8.30	A NIVEL	"	"	"	"	CANAL	"	"	"
				ONDULADA	100	8	600	400	3	540	5	400	670	160	680	7.30	3.00	—	13.30	1:4	1:4	1:2	1:1½	13.30	8.30	"	"	"	"	"	"	"	"	"
				MONTAÑOSA	70	10	250	160	5	240	7	270	380	90	470	6.70	2.00	—	10.70	1:2	1:1½	1:1½	1:1½	10.70	8.30	"	"	"	"	"	"	"	"	"
III	500 A 1500	PARCIAL O SIN CONTROL	2	LLANURA	110	8	800	500	3	540	5	670	—	185	740	7.30	3.00	—	13.30	1:4	1:4	1:2	1:1½	13.30	8.30	"	A NIVEL	"	DIREC.	"	"	CANAL	"	"
				ONDULADA	80	10	450	300	4	330	6	480	—	135	610	6.70	3.30	—	13.30	1:3	1:3	1:2	1:1½	13.30	8.30	"	"	"	"	"	"	"	"	"
				MONTAÑOSA	60	10	180	120	5	240	7	360	3100	75	400	6.70	1.50	—	9.70	1:2	1:1½	1:1½	1:1½	9.70	8.30	"	"	"	"	"	"	"	"	"
IV	150 A 500	SIN CONTROL	2	LLANURA	100	8	600	400	4	330	6	—	—	160	680	6.70	3.30	—	13.30	1:4	1:3	1:2	1:1½	13.30	8.30	"	"	"	"	DIREC.	"	"	CANAL	"
				ONDULADA	70	10	250	160	5	240	7	3100	—	90	470	6.70	3.30	—	13.30	1:2	1:2	1:1	1:1½	13.30	8.30	"	"	"	"	"	"	"	"	"
				MONTAÑOSA	40	10	80	50	6	190	5	1000	—	45	260	6.00	1.25	—	8.50	1:1½	1:1½	1:1½	1:1½	8.50	7.00	"	"	"	"	"	"	"	"	"
V	<150	SIN CONTROL	2	LLANURA	90	8	520	300	5	240	6	—	—	135	610	6.00	1.50	—	9.00	1:2	1:2	1:1½	1:1½	9.00	7.00	"	"	—	"	"	DIREC.	"	"	"
				ONDULADA	50	10	120	80	6	180	8	—	—	60	330	6.00	1.50	—	9.00	1:2	1:2	1:1½	1:1½	9.00	7.00	"	"	—	"	"	"	"	"	"
				MONTAÑOSA	30	10	40	25	7	160	10	—	—	30	190	6.00	1.00	—	8.00	1:1½	1:1½	1:1½	1:1½	9.00	7.00	"	"	—	"	"	"	"	"	"

(1) EL VOLUMEN MEDIO DIARIO DE TRANSITO DE DISEÑO DEBERA CORRESPONDER AL TRANSITO PROBABLE A LOS 25 AÑOS ... LOS VOLUMENES LIMITES, SUPERIOR DE CATEGORIA II, SUPERIOR E INFERIOR DE CATEGORIA I, E INFERIOR DE CATEGORIA ESPECIAL, QUE FIGURAN EN ESTA PLANILLA, SON SOLO VALORES APROXIMADOS LOS VOLUMENES LIMITES MAS AJUSTADOS, SE DEBERAN OBTENER DE LAS TABLAS Nº 14 Y 15. ...

(2) PODRAN ADOPTARSE VELOCIDADES DIRECTRICES MAYORES, CUANDO NO SIGNIFIQUEN AUMENTOS APRECIABLES EN EL COSTO DE LA OBRA ...

(3) EN ZONAS PROXIMAS A LAS URBANAS O EN ZONAS DE FRECUENTE FORMACION DE HIELO EN LA CALZADA, SE ADOPTARA UN PERALTE MAXIMO DE 6 %, EN ESTE CASO LOS RADIOS MINIMOS SE AJUSTARAN A DICHO PERALTE SEGUN TABLA Nº 5 ...

(4) LAS PENDIENTES MAXIMAS Y SUS LONGITUDES RESPECTIVAS CORRESPONDEN A ALTURAS DE HASTA 500 m. SOBRE EL NIVEL DEL MAR Y TRANSITO DE DISEÑO CON UN 30 % DE CAMIONES. ... PARA OTRAS ALTURAS Y PORCENTAJES DE CAMIONES SE UTILIZARAN LOS VALORES DE LOS GRAFICOS Nº II-15 Y 16 EN ZONAS DE FRECUENTE FORMACION DE HIELO SOBRE LA CALZADA PAVIMENTADA, LAS PENDIENTES MAXIMAS SERAN, EN LO POSIBLE, DEL 2 % EN LLANURA Y 3 % EN MONTAÑA ...

(5) LAS DISTANCIAS MINIMAS DE VISIBILIDAD PARA DETENCION DEBERAN MANTENERSE EN TODO EL CAMINO ... EN SECCIONES DE CAMINO DE 3 Km. DE LARGO, EN LO POSIBLE DEBERA HABER LOS SIGUIENTES PORCENTAJES DE LONGITUD QUE PERMITAN EL SOBREPASO: ZONA LLANA 80 % ; ZONA ONDULADA 50 % Y ZONA MONTAÑOSA 30 % ...

(6) EN CASO DE LLEVAR BARANDA DE SEGURIDAD, EL ANCHO DE LAS BANQUINAS SE AUMENTARA EN 0,30 m. ...

(7) ANCHO DESEABLE ≥ 11.00 m., EN ZONA LLANA U ONDULADA ...

(8) EN ZONAS ONDULADAS, CON GRAN PORCENTAJE DE EXCAVACION EN ROCA, LOS TALUDES DEL TERRAPLEN SERAN LOS QUE CORRESPONDAN A CAMINOS DE ZONA MONTAÑOSA, DE LA MISMA CATEGORIA ...
EN ZONAS MONTAÑOSAS, SIN APRECIABLE PORCENTAJE DE EXCAVACION EN ROCA, LOS TALUDES DEL TERRAPLEN SERAN LOS QUE CORRESPONDAN A CAMINOS DE ZONA ONDULADA DE LA MISMA CATEGORIA ...
SI POR LA NATURALEZA DE LOS SUELOS ALGUNOS DE LOS TALUDES FIJADOS EN LA PLANILLA, NO PUDIERA MANTENERSE, PODRAN ACEPTARSE TALUDES MAS TENDIDOS. ... EN CASOS DE EXCEPCION Y POR CAUSAS FUNDADAS PODRAN PROYECTARSE TALUDES MAS EMPINADOS, SIEMPRE QUE LA NATURALEZA DE LOS SUELOS LO PERMITA ...

(9) PARA CAMINOS DE CATEGORIA I Y ESPECIAL, SE PROYECTARA ESTRUCTURA UNICA PARA CANTERO CENTRAL DE HASTA 8.00m. DE ANCHO, Y ESTRUCTURA INDEPENDIENTES PARA CANTERO CENTRAL DE ANCHO MAYOR. ...

(10) EL TIPO DE CRUCE CON CAMINO Y FERROCARRIL QUE FIGURA EN LA PLANILLA, ES EL ACONSEJABLE PARA CONDICIONES MEDIAS. ... NO OBSTANTE ES RECOMENDABLE QUE SURJA DE UN ESTUDIO ECONOMICO DE LOS CASOS PARTICULARES ...

2 - Pendientes.

En general la influencia de las pendientes, con relación a la circulación de vehículos aislados, se hace sentir mucho más fuertemente sobre la velocidad de camiones que sobre la de automóviles, por cuya causa, en los proyectos, la magnitud de aquéllas, deberá fijarse en función de las características y proporción de camiones dentro de la corriente vehicular.

Pendientes máximas.

Las pendientes máximas que pueden subir, a velocidad uniforme, camiones con remolque, y el coeficiente de fricción desarrollado, están relacionados por la siguiente expresión, en la cual se ha despreciado por ser pequeña, la resistencia del aire (velocidades reducidas):

$$P_a f = (P_c + P_r)(r + i_m)$$

Los términos tienen el siguiente significado:

P_c : Peso del camión.

P_a : Peso adherente.

P_r : Peso del remolque.

r : Resistencia a la tracción en recta y en horizontal por unidad de peso. (Coeficiente de resistencia al rodamiento).

f : Coeficiente de fricción.

i_m : Pendiente máxima.

Despejando i_m se obtiene:

$$i_m = \frac{P_a f}{P_c + P_r} - r$$

En general se tiene que aproximadamente (20):

$P_a = \frac{2}{3} = P_c$ $P_r = \frac{3}{4} P_c$ y $r = 0{,}015$ (Pavimento poco rugos

$$i_m = 0{,}38 f - 0{,}015$$

Considerando como caso más desfavorable de pavimentos poco rugosos y húmedos, tendríamos $f = 0{,}30$, o sea

$$i_m = 10\ \%$$

En cambio para camiones sin remolque y automóviles, en el caso más desfavorable mencionado, la pendiente máxima sería del orden del 18 %.

Anexo VII: Distancia de detención y de sobrepaso – Tablas de Rühler

Distancia de detención:

V: velocidad directriz	t: tiempo de percepción y reacción	f: Coeficiente de fricción	D_1: Distancia de detención
km/hora	seg	-	m
30	2,9	0,54	30,72
40	2,8	0,52	43,22
50	2,7	0,50	57,18
60	2,6	0,48	72,87
70	2,5	0,46	90,54
80	2,4	0,44	110,59
90	2,3	0,42	133,43
100	2,2	0,40	159,55
110	2,1	0,39	186,30
120	2,0	0,37	219,88
130	2,0	0,35	262,32
140	2,0	0,33	311,16

Distancia de sobrepaso:

Velocidades			Tiempos parciales		Distancias parciales			Distancia de sobrepaso	
								calculada	adoptada
V	V_1	V_2	t_1	t_2	d_o	d_1	d_2	D_2	D_2
km/h	km/h	km/h	seg	seg	m	m	m	m	m
30	28,8	43,8	4,00	6,60	13,76	32,00	80,28	192,56	190
40	37,4	52,4	4,00	7,43	15,48	41,55	108,10	257,75	260
50	45,5	60,5	4,00	8,20	17,10	50,55	137,75	326,05	330
60	53,1	68,1	4,00	8,93	18,62	59,00	168,88	396,76	400
70	60,2	75,2	4,00	9,61	20,04	66,88	200,70	468,28	470
80	66,8	81,8	4,00	10,25	21,36	74,81	232,88	539,97	540
90	72,8	87,9	4,00	10,83	22,58	81,00	264,40	609,80	610
100	78,5	93,5	4,00	11,37	23,70	87,21	295,27	677,75	680
110	83,6	98,6	4,00	11,86	24,72	92,88	324,78	742,44	740
120	88,2	103,2	4,00	12,30	25,64	98,00	352,53	803,06	800
130	92,3	107,3	4,00	12,70	26,46	102,55	378,44	859,43	860
140	95,9	110,9	4,00	13,04	27,18	106,55	401,67	909,88	910

Anexo VIII: Cálculo de curvas horizontales

CURVA 1

Datos:

Vd (km/h) =	40	
d (m) =	156,29	distancia entre vértice

RADIO MINIMO

	Grados	Minutos	Segundos
Δ (°C) =	12	38	37

Δ (°C) =	12,64	ángulo entre ejes que se interceptan en el vértice
pmax =	0,10	peralte máximo

Rmin (m) =	45,35	
Rc (m) =	200	radio adoptado
p =	0,02	peralte obtenido

CURVA DE TRANSICION

Lemin (m) =	11,43	
Le (m)=	40	curva de transición adoptada

θe (°C) =	5,73
Δc (°C) =	1,18

Lc (m) =	4,13

K (m) =	20,00
p1 (m) =	0,33
TL (m) =	26,67
TC (m) =	13,33
Te (m) =	42,19
Ee (m) =	1,56
Xc (m) =	40,00
Yc (m) =	1,33

LONGITUD DE DESARROLLO

Ds (m) =	84,13

PROGRESIVAS

dirección curva:	hacia la derecha

Te ant (m) =	0,00	Te de la curva anterior
Prog ET ant =	0,00	Progresiva de fin de curva anterior

			Borde izq	Borde der
Prog TE (m)=	114,10	→	0%	-2%
			2%	-2%
Prog EC (m) =	154,10	→	2,27%	-2,27%
			2,27%	-2,27%
Prog CE (m) =	158,23	→	2,27%	-2,27%
			2%	-2%
Prog ET (m) =	198,23	→	0%	-2%

SOBREANCHO

n =	2	número de trochas
L (m) =	4,3	longitud del camión
l1 (m) =	1,2	vínculo del camión al acoplado
L1(m) =	6,4	acoplado
S (m) =	0,59	

CURVA 2

Datos:

Vd (km/h) =	40	
d (m) =	116,37	distancia entre vértice

RADIO MINIMO

	Grados	Minutos	Segundos
Δ (°C) =	61	9	3

Δ (°C) =	61,15	ángulo entre ejes que se interceptan en el vértice
pmax =	0,10	peralte máximo

Rmin (m) =	45,35	
Rc (m) =	50	radio adoptado
p =	0,09	peralte obtenido

CURVA DE TRANSICION

Lemin (m) =	45,71	
Le (m)=	46	curva de transición adoptada

θe (°C) = 26,36

Δc (°C) =	8,44

Lc (m) =	7,36

K (m) =	23,00
p1 (m) =	1,76
TL (m) =	30,67
TC (m) =	15,33
Te (m) =	53,58
Ee (m) =	10,12
Xc (m) =	46,00
Yc (m) =	7,05

LONGITUD DE DESARROLLO

Ds (m) =	99,36

PROGRESIVAS

dirección curva:	hacia la izquierda

Te ant (m) =	42,19	Te de la curva anterior
Prog ET ant =	198,23	Progresiva de fin de curva anterior

			Borde izq	Borde der
Prog TE (m)=	218,83	→	-2%	0%
			-2%	2%
Prog EC (m) =	264,83	→	-9,07%	9,07%
			-9,07%	9,07%
Prog CE (m) =	272,19	→	-9,07%	9,07%
			-2%	2%
Prog ET (m) =	318,19	→	-2%	0%

SOBREANCHO

n =	2	número de trochas
L (m) =	4,3	longitud del camión
l1 (m) =	1,2	vínculo del camión al acoplado
L1(m) =	6,4	acoplado
S (m) =	1,79	

CURVA 3

Datos:

Vd (km/h) =	40

d (m) =	117,86	distancia entre vértice

RADIO MINIMO

	Grados	Minutos	Segundos
Δ (°C) =	62	42	38

Δ (°C) =	62,71	ángulo entre ejes que se interceptan en el vértice
pmax =	0,10	peralte máximo

Rmin (m) =	45,35	
Rc (m) =	50	radio adoptado
p =	0,09	peralte obtenido

CURVA DE TRANSICION

Lemin (m) =	45,71	
Le (m)=	46	curva de transición adoptada

θe (°C) =	26,36
Δc (°C) =	10,00

Lc (m) =	8,73

K (m) =	23,00
p1 (m) =	1,76
TL (m) =	30,67
TC (m) =	15,33
Te (m) =	54,54
Ee (m) =	10,62
Xc (m) =	46,00
Yc (m) =	7,05

LONGITUD DE DESARROLLO

Ds (m) =	100,73

PROGRESIVAS

dirección curva:	hacia la izquierda

Te ant (m) =	53,58	Te de la curva anterior
Prog ET ant =	318,19	Progresiva de fin de curva anterior

Borde izq	Borde der

Prog TE (m)=	327,93	→	-2%	0%
			-2%	2%
Prog EC (m) =	373,93	→	-9,07%	9,07%
			-9,07%	9,07%
Prog CE (m) =	382,65	→	-9,07%	9,07%
			-2%	2%
Prog ET (m) =	428,65	→	-2%	0%

SOBREANCHO

n =	2	número de trochas
L (m) =	4,3	longitud del camión
l1 (m) =	1,2	vínculo del camión al acoplado
L1(m) =	6,4	acoplado
S (m) =	1,79	

CURVA 4

Datos:

Vd (km/h) =	40	
d (m) =	196,33	distancia entre vértice

RADIO MINIMO

	Grados	Minutos	Segundos
Δ (°C) =	58	20	58

Δ (°C) =	58,35	ángulo entre ejes que se interceptan en el vértice
pmax =	0,10	peralte máximo

Rmin (m) =	45,35	
Rc (m) =	50	radio adoptado
p =	0,09	peralte obtenido

CURVA DE TRANSICION

Lemin (m) =	45,71	
Le (m)=	46	curva de transición adoptada

θe (°C) = 26,36

Δc (°C) = 5,64

Lc (m) =	4,92

K (m) =	23,00
p1 (m) =	1,76
TL (m) =	30,67
TC (m) =	15,33
Te (m) =	51,90
Ee (m) =	9,28
Xc (m) =	46,00
Yc (m) =	7,05

LONGITUD DE DESARROLLO

Ds (m) =	96,92

PROGRESIVAS

dirección curva:	hacia la derecha

Te ant (m) =	54,54	Te de la curva anterior
Prog ET ant =	428,65	Progresiva de fin de curva anterior

			Borde izq	Borde der
Prog TE (m)=	518,54	→	0%	-2%
			2%	-2%
Prog EC (m) =	564,54	→	9,07%	-9,07%
			9,07%	-9,07%
Prog CE (m) =	569,46	→	9,07%	-9,07%
			2%	-2%
Prog ET (m) =	615,46	→	0%	-2%

SOBREANCHO

n =	2	número de trochas
L (m) =	4,3	longitud del camión
l1 (m) =	1,2	vínculo del camión al acoplado
L1(m) =	6,4	acoplado
S (m) =	1,79	

CURVA 5

Datos:

Vd (km/h) =	40	
d (m) =	681,23	distancia entre vértice

RADIO MINIMO

	Grados	Minutos	Segundos
Δ (°C) =	166	54	24

Δ (°C) =	166,91	ángulo entre ejes que se interceptan en el vértice
pmax =	0,10	peralte máximo

Rmin (m) =	45,35	
Rc (m) =	50	radio adoptado
p =	0,09	peralte obtenido

CURVA DE TRANSICION

Lemin (m) =	45,71	
Le (m)=	46	curva de transición adoptada

θe (°C) =	26,36
Δc (°C) =	114,19

Lc (m) =	99,65

K (m) =	23,00
p1 (m) =	1,76
TL (m) =	30,67
TC (m) =	15,33
Te (m) =	474,05
Ee (m) =	404,01
Xc (m) =	46,00
Yc (m) =	7,05

LONGITUD DE DESARROLLO

Ds (m) =	191,65

PROGRESIVAS

dirección curva:	hacia la derecha

Te ant (m) =	51,90	Te de la curva anterior
Prog ET ant =	615,46	Progresiva de fin de curva anterior

			Borde izq	Borde der
Prog TE (m)=	770,74	→	0%	-2%
			2%	-2%
Prog EC (m) =	816,74	→	9,07%	-9,07%
			9,07%	-9,07%

Prog CE (m) =	916,39	→	9,07%	-9,07%
			2%	-2%
Prog ET (m) =	962,39	→	0%	-2%

SOBREANCHO

n =	2	número de trochas
L (m) =	4,3	longitud del camión
l1 (m) =	1,2	vínculo del camión al acoplado
L1(m) =	6,4	acoplado
S (m) =	1,79	

CURVA 6

Datos:

Vd (km/h) =	40	
d (m) =	732,15	distancia entre vértice

RADIO MINIMO

	Grados	Minutos	Segundos
Δ (°C) =	132	4	16

Δ (°C) =	132,07	ángulo entre ejes que se interceptan en el vértice
pmax =	0,10	peralte máximo

Rmin (m) =	45,35	
Rc (m) =	50	radio adoptado
p =	0,09	peralte obtenido

CURVA DE TRANSICION

Lemin (m) =	45,71	
Le (m)=	46	curva de transición adoptada

θe (°C) =	26,36
Δc (°C) =	79,36

Lc (m) =	69,25

K (m) =	23,00
p1 (m) =	1,76
TL (m) =	30,67
TC (m) =	15,33
Te (m) =	139,46

Ee (m) =	77,44
Xc (m) =	46,00
Yc (m) =	7,05

LONGITUD DE DESARROLLO

Ds (m) =	161,25

PROGRESIVAS

dirección curva:	hacia la izquierda

Te ant (m) =	474,05	Te de la curva anterior
Prog ET ant =	962,39	Progresiva de fin de curva anterior

			Borde izq	Borde der
Prog TE (m)=	1081,03	→	-2%	0%
			-2%	2%
Prog EC (m) =	1127,03	→	-9,07%	9,07%
			-9,07%	9,07%
Prog CE (m) =	1196,29	→	-9,07%	9,07%
			-2%	2%
Prog ET (m) =	1242,29	→	-2%	0%

SOBREANCHO

n =	2	número de trochas
L (m) =	4,3	longitud del camión
l1 (m) =	1,2	vínculo del camión al acoplado
L1(m) =	6,4	acoplado
S (m) =	1,79	

CURVA 7

Datos:

Vd (km/h) =	40	
d (m) =	351,41	distancia entre vértice

RADIO MINIMO

	Grados	Minutos	Segundos
Δ (°C) =	29	24	55

Δ (°C) =	29,42	ángulo entre ejes que se interceptan en el vértice

pmax =	0,10	peralte máximo

Rmin (m) =	45,35	
Rc (m) =	70	radio adoptado
p =	0,06	peralte obtenido

CURVA DE TRANSICION

Lemin (m) =	32,65	
Le (m)=	35	curva de transición adoptada

θe (°C) =	14,32
Δc (°C) =	0,77

Lc (m) =	0,94

K (m) =	17,50
p1 (m) =	0,73
TL (m) =	23,33
TC (m) =	11,67
Te (m) =	36,07
Ee (m) =	3,13
Xc (m) =	35,00
Yc (m) =	2,92

LONGITUD DE DESARROLLO

Ds (m) =	70,94

PROGRESIVAS

dirección curva:	hacia la izquierda

Te ant (m) =	139,46	Te de la curva anterior
Prog ET ant =	1242,29	Progresiva de fin de curva anterior

			Borde izq	Borde der
Prog TE (m)=	1418,17	→	-2%	0%
			-2%	2%
Prog EC (m) =	1453,17	→	-6,48%	6,48%
			-6,48%	6,48%
Prog CE (m) =	1454,11	→	-6,48%	6,48%
			-2%	2%
Prog ET (m) =	1489,11	→	-2%	0%

SOBREANCHO

n =	2	número de trochas
L (m) =	4,3	longitud del camión
l1 (m) =	1,2	vínculo del camión al acoplado
L1(m) =	6,4	acoplado
S (m) =	1,35	

CURVA 8

Datos:

Vd (km/h) =	40	
d (m) =	235,70	distancia entre vértice

RADIO MINIMO

	Grados	Minutos	Segundos
Δ (°C) =	123	50	51

Δ (°C) =	123,85	ángulo entre ejes que se interceptan en el vértice
pmax =	0,10	peralte máximo

Rmin (m) =	45,35	
Rc (m) =	70	radio adoptado
p =	0,06	peralte obtenido

CURVA DE TRANSICION

Lemin (m) =	32,65	
Le (m)=	40	curva de transición adoptada

θe (°C) =	16,37
Δc (°C) =	91,11

Lc (m) =	111,31

K (m) =	20,00
p1 (m) =	0,95
TL (m) =	26,67
TC (m) =	13,33
Te (m) =	153,01
Ee (m) =	80,76
Xc (m) =	40,00
Yc (m) =	3,81

LONGITUD DE DESARROLLO

Ds (m) =	191,31

PROGRESIVAS

dirección curva:	hacia la derecha

Te ant (m) =	36,07	Te de la curva anterior
Prog ET ant =	1489,11	Progresiva de fin de curva anterior

			Borde izq	Borde der
Prog TE (m)=	1535,73	→	0%	-2%
			2%	-2%
Prog EC (m) =	1575,73	→	6,48%	-6,48%
			6,48%	-6,48%
Prog CE (m) =	1687,03	→	6,48%	-6,48%
			2%	-2%
Prog ET (m) =	1727,03	→	0%	-2%

SOBREANCHO

n =	2	número de trochas
L (m) =	4,3	longitud del camión
l1 (m) =	1,2	vínculo del camión al acoplado
L1(m) =	6,4	acoplado
S (m) =	1,35	

CURVA 9

Datos:

Vd (km/h) =	40	
d (m) =	925,56	distancia entre vértice

RADIO MINIMO

	Grados	Minutos	Segundos
Δ (°C) =	171	24	53

Δ (°C) =	171,41	ángulo entre ejes que se interceptan en el vértice
pmax =	0,10	peralte máximo

Rmin (m) = 45,35

Rc (m) =	50	radio adoptado
p =	0,09	peralte obtenido

CURVA DE TRANSICION

Lemin (m) =	45,71	
Le (m)=	46	curva de transición adoptada

θe (°C) =	26,36
Δc (°C) =	118,70

Lc (m) =	103,59

K (m) =	23,00
p1 (m) =	1,76
TL (m) =	30,67
TC (m) =	15,33
Te (m) =	712,62
Ee (m) =	641,56
Xc (m) =	46,00
Yc (m) =	7,05

LONGITUD DE DESARROLLO

Ds (m) =	195,59

PROGRESIVAS

dirección curva:	hacia la izquierda

Te ant (m) =	153,01	Te de la curva anterior
Prog ET ant =	1727,03	Progresiva de fin de curva anterior

			Borde izq	Borde der
Prog TE (m)=	1786,96	→	-2%	0%
			-2%	2%
Prog EC (m) =	1832,96	→	-9,07%	9,07%
			-9,07%	9,07%
Prog CE (m) =	1936,55	→	-9,07%	9,07%
			-2%	2%
Prog ET (m) =	1982,55	→	-2%	0%

SOBREANCHO

n =	2	número de trochas
L (m) =	4,3	longitud del camión
l1 (m) =	1,2	vínculo del camión al acoplado

L1(m) =	6,4	acoplado
S (m) =	1,79	

Anexo IX: Cálculo de curvas Verticales

CURVAS VERTICAL N1

Progresiva (m) =	187,27	progresiva en el vértice
cota (m) =	925,098	cota de altura en el vértice

Pendiente 1 :

pendiente:	positiva	
h1 (m) =	16,276	distancia vertical desde el inicio de pendiente al vértice
d1 (m) =	187,27	distancia horizontal desde el inicio de pendiente al vértice
i1 (%) =	8,691194532	

Pendiente 2 :

pendiente:	positiva	
h2 (m) =	2,632	distancia vertical desde el vértice hasta el fin de pendiente
d2 (m) =	77,78	distancia horizontal desde el vértice hasta el fin de pendiente
i2 (%) =	3,383903317	

Lmin (m) =	22,46	distancia minima horizontal entre principio y fin de curva
L (m) =	100	distancia horizontal adoptada entre principio y fin de curva
Pc (m) =	137,27	progresiva de principio de curva
Fc (m) =	237,27	progresiva de fin de curva

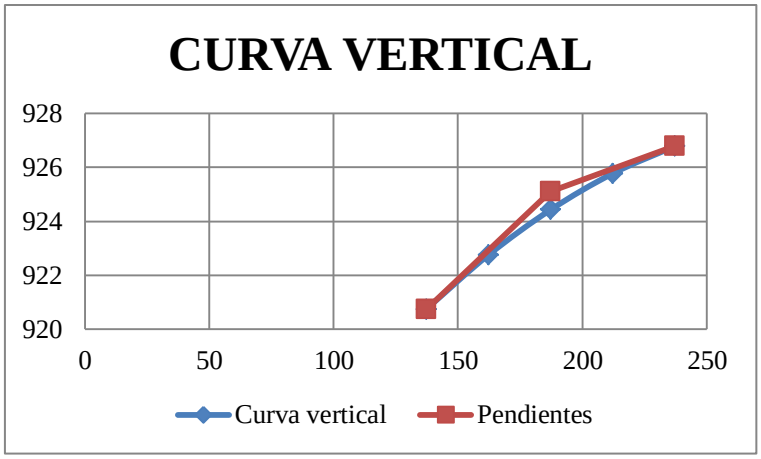
y (m) =	3,68	distancia vertical del vértice al punto de curva medio
H (m) =	928,78	cota de altura del punto de curva medio

Puntos de la curva vertical

x	y	cota long (m)	cota vert (m)
0	0	137,27	920,7524027
25	2,006945783	162,27	922,7593485
50	3,682185864	187,27	924,4345886
75	5,025720245	212,27	925,778123
100	6,037548925	237,27	926,7899517

Pendientes

Puntos	cota long (m)	cota vert (m)
PC Pendiente 1	137,27	920,7524027
Vértice	187,27	925,098
FC Pendiente 2	237,27	926,7899517



CURVAS VERTICAL Nº2

Progresiva (m) =	265,05	progresiva en el vértice
cota (m) =	927,731	cota de altura en el vértice

Pendiente 1 :

pendiente:	positiva	
h1 (m) =	2,633	distancia vertical desde el inicio de pendiente al vértice
d1 (m) =	77,78	distancia horizontal desde el inicio de pendiente al vértice
i1 (%) =	3,385188995	

Pendiente 2 :

pendiente:	positiva	
h2 (m) =	18,163	distancia vertical desde el vértice hasta el fin de pendiente
d2 (m) =	208,93	distancia horizontal desde el vértice hasta el fin de pendiente
i2 (%) =	8,693342268	

Lmin (m) =	22,47	distancia minima horizontal entre principio y fin de curva
L (m) =	30	distancia horizontal adoptada entre principio y fin de curva
Pc (m) =	250,05	progresiva de principio de curva
Fc (m) =	280,05	progresiva de fin de curva

y (m) =	0,71	distancia vertical del vértice al punto de curva medio
H (m) =	928,44	cota de altura del punto de curva medio

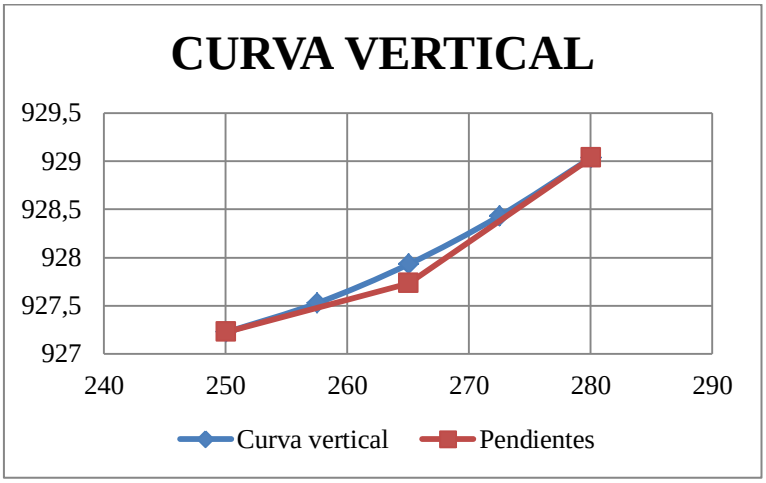
Puntos de la curva vertical

x	y	cota long (m)	cota vert (m)
0	0	250,05	927,2232217
7,5	0,303653112	257,55	927,5268748

15	0,706834097	265,05	927,9300557
22,5	1,209542956	272,55	928,4327646
30	1,811779689	280,05	929,0350013

Pendientes

Puntos	cota long (m)	cota vert (m)
PC Pendiente 1	250,05	927,2232217
Vértice	265,05	927,731
FC Pendiente 2	280,05	929,0350013



CURVAS VERTICAL Nº3

Progresiva (m) =	473,98	progresiva en el vértice
cota (m) =	945,894	cota de altura en el vértice

Pendiente 1 :

pendiente:	positiva	
h1 (m) =	18,163	distancia vertical desde el inicio de pendiente al vértice
d1 (m) =	208,93	distancia horizontal desde el inicio de pendiente al vértice
i1 (%) =	8,693342268	

Pendiente 2 :

pendiente:	positiva	
h2 (m) =	12,88	distancia vertical desde el vértice hasta el fin de pendiente
d2 (m) =	217,12	distancia horizontal desde el vértice hasta el fin de pendiente
i2 (%) =	5,93220339	

Lmin (m) =	11,69	distancia minima horizontal entre principio y fin de curva
L (m) =	60	distancia horizontal adoptada entre principio y fin de curva

Pc (m) =	443,98	progresiva de principio de curva
Fc (m) =	503,98	progresiva de fin de curva

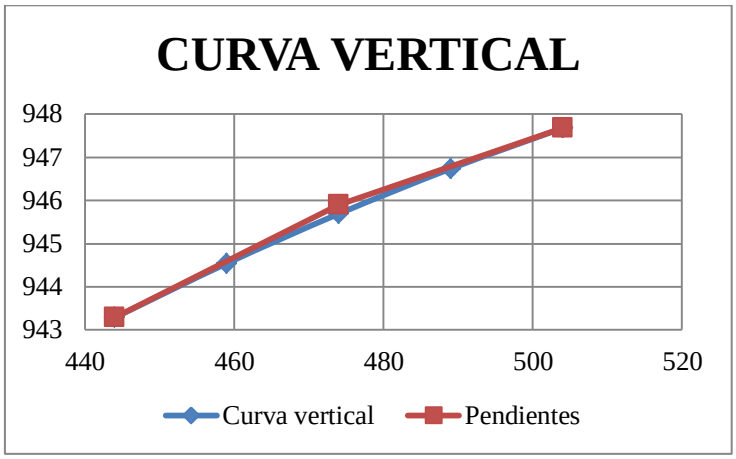
y (m) =	2,40	distancia vertical del vértice al punto de curva medio
H (m) =	948,29	cota de altura del punto de curva medio

Puntos de la curva vertical

x	y	cota long (m)	cota vert (m)
0	0	443,98	943,2859973
15	1,252229986	458,98	944,5382273
30	2,400917264	473,98	945,6869146
45	3,446061835	488,98	946,7320592
60	4,387663697	503,98	947,673661

Pendientes

Puntos	cota long (m)	cota vert (m)
PC Pendiente 1	443,98	943,2859973
Vértice	473,98	945,894
FC Pendiente 2	503,98	947,673661



CURVAS VERTICAL Nº4

Progresiva (m) =	691,1	progresiva en el vértice
cota (m) =	958,774	cota de altura en el vértice

Pendiente 1 :

pendiente:	positiva	
h1 (m) =	12,88	distancia vertical desde el inicio de pendiente al vértice

d1 (m) =	217,12	distancia horizontal desde el inicio de pendiente al vértice
i1 (%) =	5,93220339	

Pendiente 2 :

pendiente:	positiva	
h2 (m) =	24,364	distancia vertical desde el vértice hasta el fin de pendiente
d2 (m) =	271,62	distancia horizontal desde el vértice hasta el fin de pendiente
i2 (%) =	8,969884397	

Lmin (m) =	12,86	distancia minima horizontal entre principio y fin de curva
L (m) =	80	distancia horizontal adoptada entre principio y fin de curva
Pc (m) =	651,1	progresiva de principio de curva
Fc (m) =	731,1	progresiva de fin de curva

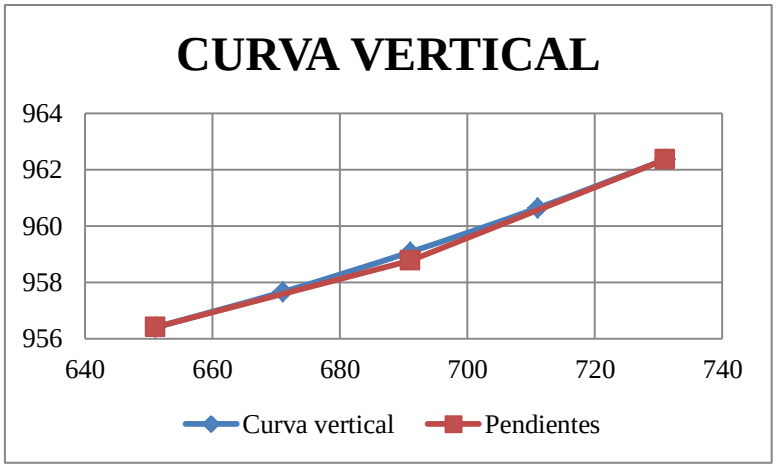
y (m) =	2,68	distancia vertical del vértice al punto de curva medio
H (m) =	961,45	cota de altura del punto de curva medio

Puntos de la curva vertical

x	y	cota long (m)	cota vert (m)
0	0	651,1	956,4011186
20	1,262382703	671,1	957,6635013
40	2,676649457	691,1	959,0777681
60	4,242800261	711,1	960,6439189
80	5,960835115	731,1	962,3619538

Pendientes

Puntos	cota long (m)	cota vert (m)
PC Pendiente 1	651,1	956,4011186
Vértice	691,1	958,774
FC Pendiente 2	731,1	962,3619538



CURVAS VERTICAL Nº5

Progresiva (m) =	962,72	progresiva en el vértice
cota (m) =	983,138	cota de altura en el vértice

Pendiente 1 :

pendiente:	positiva	
h1 (m) =	24,364	distancia vertical desde el inicio de pendiente al vértice
d1 (m) =	271,62	distancia horizontal desde el inicio de pendiente al vértice
i1 (%) =	8,969884397	

Pendiente 2 :

pendiente:	positiva	
h2 (m) =	9,399	distancia vertical desde el vértice hasta el fin de pendiente
d2 (m) =	128,28	distancia horizontal desde el vértice hasta el fin de pendiente
i2 (%) =	7,326941066	

Lmin (m) =	6,95	distancia minima horizontal entre principio y fin de curva
L (m) =	140	distancia horizontal adoptada entre principio y fin de curva
Pc (m) =	892,72	progresiva de principio de curva
Fc (m) =	1032,72	progresiva de fin de curva

y (m) =	5,99	distancia vertical del vértice al punto de curva medio
H (m) =	989,13	cota de altura del punto de curva medio

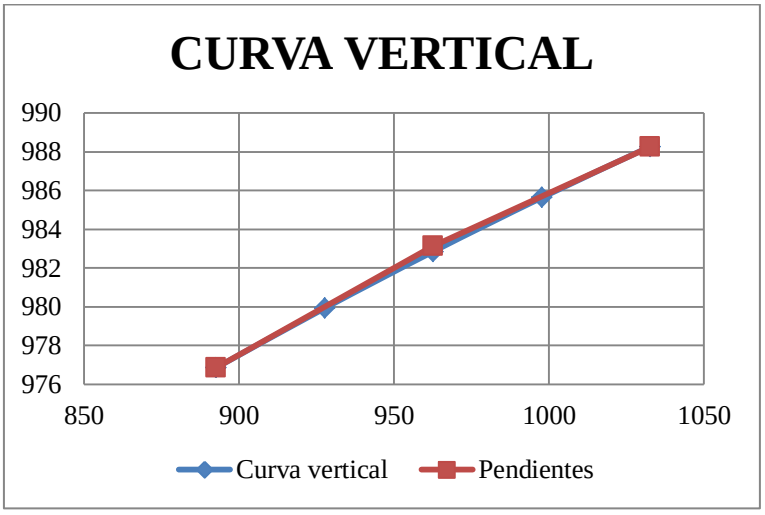
Puntos de la curva vertical

x	y	cota long (m)	cota vert (m)
0	0	892,72	976,8590809
35	3,067580768	927,72	979,9266617

70	5,991403995	962,72	982,8504849
105	8,771469681	997,72	985,6305506
140	11,40777782	1032,72	988,2668587

Pendientes

Puntos	cota long (m)	cota vert (m)
PC Pendiente 1	892,72	976,8590809
Vértice	962,72	983,138
FC Pendiente 2	1032,72	988,2668587



CURVAS VERTICAL Nª6

Progresiva (m) =	1091	progresiva en el vértice
cota (m) =	992,537	cota de altura en el vértice

Pendiente 1 :

pendiente:	positiva	
h1 (m) =	9,399	distancia vertical desde el inicio de pendiente al vértice
d1 (m) =	128,28	distancia horizontal desde el inicio de pendiente al vértice
i1 (%) =	7,326941066	

Pendiente 2 :

pendiente:	positiva	
h2 (m) =	21,146	distancia vertical desde el vértice hasta el fin de pendiente
d2 (m) =	201,24	distancia horizontal desde el vértice hasta el fin de pendiente
i2 (%) =	10,50785132	

Lmin (m) =	13,46	distancia minima horizontal entre principio y fin de curva
L (m) =	40	distancia horizontal adoptada entre principio y fin de curva
Pc (m) =	1071	progresiva de principio de curva
Fc (m) =	1111	progresiva de fin de curva

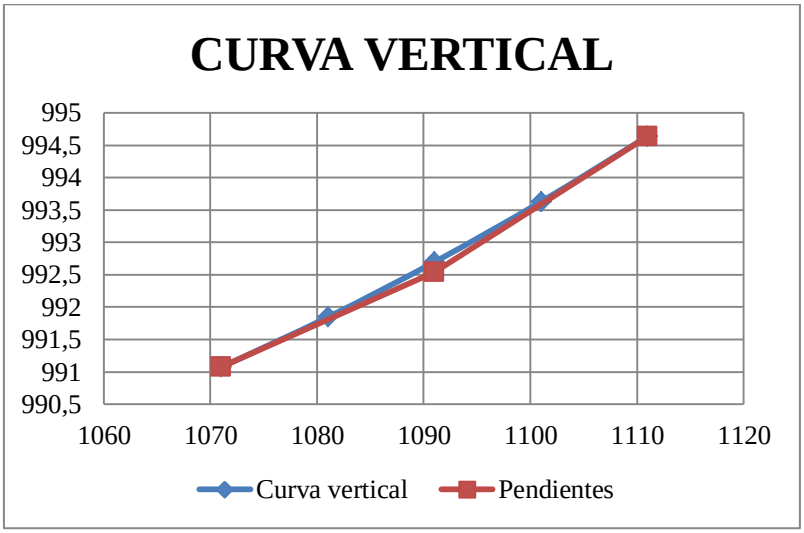
y (m) =	1,62	distancia vertical del vértice al punto de curva medio
H (m) =	994,16	cota de altura del punto de curva medio

Puntos de la curva vertical

x	y	cota long (m)	cota vert (m)
0	0	1071	991,0716118
10	0,772455485	1081	991,8440673
20	1,624433726	1091	992,6960455
30	2,555934724	1101	993,6275465
40	3,566958478	1111	994,6385703

Pendientes

Puntos	cota long (m)	cota vert (m)
PC Pendiente 1	1071	991,0716118
Vértice	1091	992,537
FC Pendiente 2	1111	994,6385703



CURVAS VERTICAL Nº7

Progresiva (m) =	1292,24	progresiva en el vértice
cota (m) =	1013,683	cota de altura en el vértice

Pendiente 1 :

pendiente:	positiva	
h1 (m) =	21,146	distancia vertical desde el inicio de pendiente al vértice
d1 (m) =	201,24	distancia horizontal desde el inicio de pendiente al vértice
i1 (%) =	10,50785132	

Pendiente 2 :

pendiente:	positiva	
h2 (m) =	12,813	distancia vertical desde el vértice hasta el fin de pendiente
d2 (m) =	136,73	distancia horizontal desde el vértice hasta el fin de pendiente
i2 (%) =	9,371023184	

Lmin (m) =	4,81	distancia minima horizontal entre principio y fin de curva
L (m) =	120	distancia horizontal adoptada entre principio y fin de curva
Pc (m) =	1232,24	progresiva de principio de curva
Fc (m) =	1352,24	progresiva de fin de curva

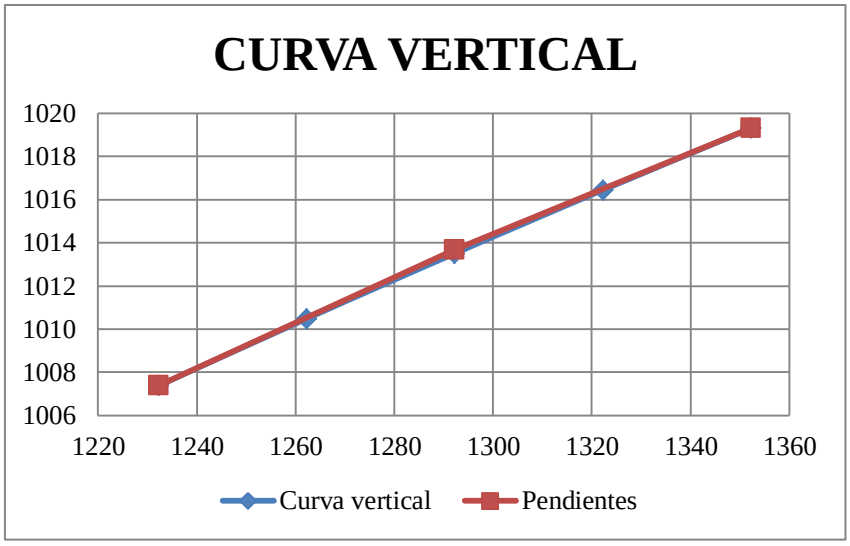
y (m) =	6,13	distancia vertical del vértice al punto de curva medio
H (m) =	1019,82	cota de altura del punto de curva medio

Puntos de la curva vertical

x	y	cota long (m)	cota vert (m)
0	0	1232,24	1007,378289
30	3,109724341	1262,24	1010,488014
60	6,134186572	1292,24	1013,512476
90	9,073386693	1322,24	1016,451676
120	11,9273247	1352,24	1019,305614

Pendientes

Puntos	cota long (m)	cota vert (m)
PC Pendiente 1	1232,24	1007,378289
Vértice	1292,24	1013,683
FC Pendiente 2	1352,24	1019,305614



CURVAS VERTICAL Nº8

Progresiva (m) =	1428,97	progresiva en el vértice
cota (m) =	1026,496	cota de altura en el vértice

Pendiente 1 :

pendiente:	positiva	
h1 (m) =	12,813	distancia vertical desde el inicio de pendiente al vértice
d1 (m) =	136,73	distancia horizontal desde el inicio de pendiente al vértice
i1 (%) =	9,371023184	

Pendiente 2 :

pendiente:	positiva	
h2 (m) =	7,735	distancia vertical desde el vértice hasta el fin de pendiente
d2 (m) =	277,55	distancia horizontal desde el vértice hasta el fin de pendiente
i2 (%) =	2,786885246	

Lmin (m) =	27,87	distancia minima horizontal entre principio y fin de curva
L (m) =	80	distancia horizontal adoptada entre principio y fin de curva
Pc (m) =	1388,97	progresiva de principio de curva
Fc (m) =	1468,97	progresiva de fin de curva

y (m) =	3,09	distancia vertical del vértice al punto de curva medio
H (m) =	1029,59	cota de altura del punto de curva medio

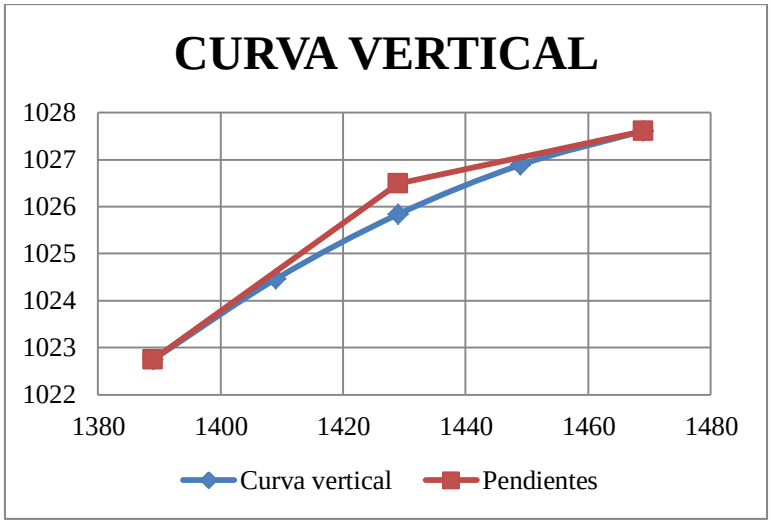
Puntos de la curva vertical

x	y	cota long (m)	cota vert (m)

0	0	1388,97	1022,747591
20	1,709601188	1408,97	1024,457192
40	3,08999548	1428,97	1025,837586
60	4,141182874	1448,97	1026,888774
80	4,863163372	1468,97	1027,610754

Pendientes

Puntos	cota long (m)	cota vert (m)
PC Pendiente 1	1388,97	1022,747591
Vértice	1428,97	1026,496
FC Pendiente 2	1468,97	1027,610754



CURVAS VERTICAL Nº9

Progresiva (m) =	1706,52	progresiva en el vértice
cota (m) =	1034,231	cota de altura en el vértice

Pendiente 1 :

pendiente:	positiva	
h1 (m) =	7,735	distancia vertical desde el inicio de pendiente al vértice
d1 (m) =	277,55	distancia horizontal desde el inicio de pendiente al vértice
i1 (%) =	2,786885246	

Pendiente 2 :

pendiente:	negativa	
h2 (m) =	12,925	distancia vertical desde el vértice hasta el fin de pendiente
d2 (m) =	151,88	distancia horizontal desde el vértice hasta el fin de pendiente

i2 (%) =	-8,510007901

Lmin (m) =	47,81	distancia minima horizontal entre principio y fin de curva
L (m) =	130	distancia horizontal adoptada entre principio y fin de curva
Pc (m) =	1641,52	progresiva de principio de curva
Fc (m) =	1771,52	progresiva de fin de curva

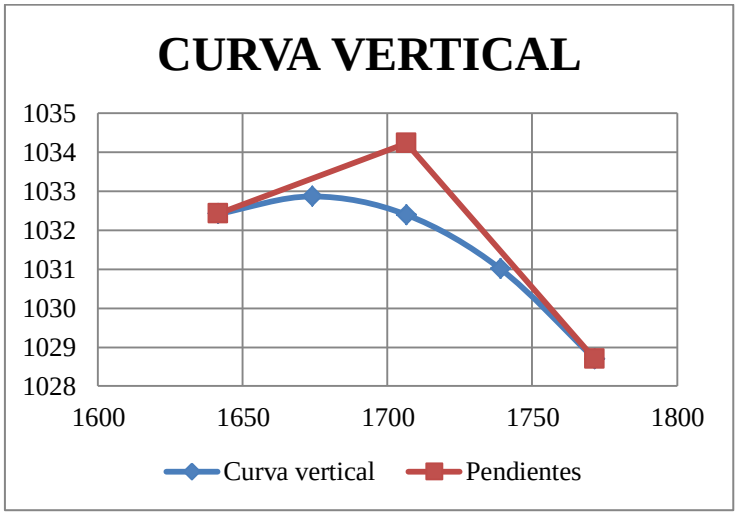
y (m) =	-0,02	distancia vertical del vértice al punto de curva medio
H (m) =	1034,21	cota de altura del punto de curva medio

Puntos de la curva vertical

x	y	cota long (m)	cota vert (m)
0	0	1641,52	1032,419525
32,5	0,446801421	1674,02	1032,866326
65	-0,024269727	1706,52	1032,395255
97,5	-1,413213442	1739,02	1031,006311
130	-3,720029726	1771,52	1028,699495

Pendientes

Puntos	cota long (m)	cota vert (m)
PC Pendiente 1	1641,52	1032,419525
Vértice	1706,52	1034,231
FC Pendiente 2	1771,52	1028,699495



CURVAS VERTICAL Nº10

Progresiva (m) =	1858,4	progresiva en el vértice
cota (m) =	1021,306	cota de altura en el vértice

Pendiente 1 :

pendiente:	negativa	
h1 (m) =	12,925	distancia vertical desde el inicio de pendiente al vértice
d1 (m) =	151,88	distancia horizontal desde el inicio de pendiente al vértice
i1 (%) =	-8,510007901	

Pendiente 2 :

pendiente:	negativa	
h2 (m) =	19,556	distancia vertical desde el vértice hasta el fin de pendiente
d2 (m) =	200,63	distancia horizontal desde el vértice hasta el fin de pendiente
i2 (%) =	-9,747296018	

Lmin (m) =	5,24	distancia minima horizontal entre principio y fin de curva
L (m) =	140	distancia horizontal adoptada entre principio y fin de curva
Pc (m) =	1788,4	progresiva de principio de curva
Fc (m) =	1928,4	progresiva de fin de curva

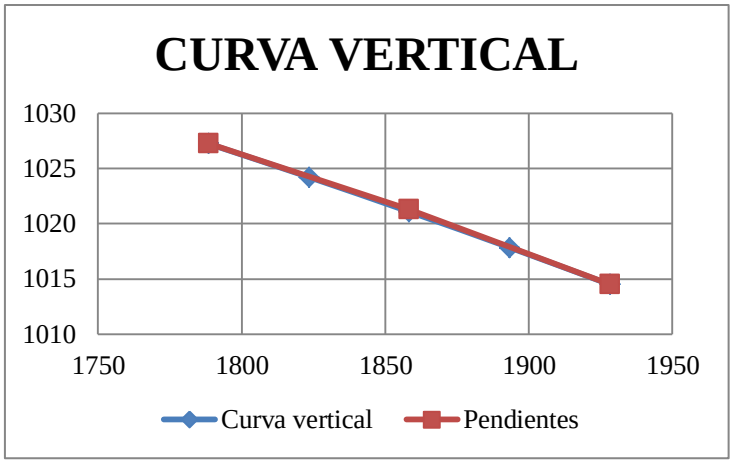
y (m) =	-6,17	distancia vertical del vértice al punto de curva medio
H (m) =	1015,13	cota de altura del punto de curva medio

Puntos de la curva vertical

x	y	cota long (m)	cota vert (m)
0	0	1788,4	1027,263006
35	-3,03263412	1823,4	1024,230371
70	-6,173530951	1858,4	1021,089475
105	-9,422690492	1893,4	1017,840315
140	-12,78011274	1928,4	1014,482893

Pendientes

Puntos	cota long (m)	cota vert (m)
PC Pendiente 1	1788,4	1027,263006
Vértice	1858,4	1021,306
FC Pendiente 2	1928,4	1014,482893


CURVA VERTICAL
1030
1025
1020
1015
1010
1750
1800
1850
1900
1950
Curva vertical
Pendientes

Anexo X: Normas de Ensayos

NORMA DE ENSAYO
VN - E7 - 65
ANÁLISIS MECÁNICO DE MATERIALES
GRANULARES

7.1. OBJETO.

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para establecer la distribución porcentual de las partículas que componen un material granular, que se usara en la construcción de terraplenes, bases o sub-bases, en función de su tamaño y dibujar la curva representativa del mismo.

7.2. APARATOS.

a. Cribas y tamices. La serie de cribas y tamices normales IRAM establecida en el Pliego de Especificaciones de la Obra, con su correspondiente tapa y fondo.

b. Tamizadora mecánica.

c. Bandeja de hierro galvanizado de 600 mm. x 400 mm. x 100 mm.

d. Bandejas de hierro galvanizado de 300 mm. x 300 mm. x 80 mm.

e. Bandejas de hierro galvanizado de bordes inclinados. Medidas de fondo 500mm.x300 mm. altura 250 mm. Inclinación de los bordes 60º respecto a la horizontal.Con vertedero lateral, provisto de tapón, a unos 30 mm. del fondo.

f. Balanza tipo Roberval de 25 Kg. de capacidad por plato con sensibilidad de 1 gramo.

g. Lona de 2 m. x 2 m.

h. Equipo para cuartear muestras.

i. Pala ancha y espátulas para manipular el material.

j. Pileta con plataforma provista lateral para sostener la bandeja de lavado. Canilla provista de un tubo de goma de 1 m. de longitud.

k. Mortero de porcelana de 20 cm. de diámetro, con mano revestida de goma en uno de sus extremos.

l. Material de uso corriente en Laboratorio: estufas, calentadores etc.

7.3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

a. La cantidad de muestra a ensayar en función del mayor tamaño de sus partículas. Se pueden adoptar como criterio general el siguiente: Llamado D al tamaño, en mm., de las partículas más grandes y P al peso en gramos de la muestra, la cantidad mínima a ensayar deberá ser mayor que 500 D, tomando D en milímetros.

b. La muestra remitida al laboratorio debe pesar por lo menos cuatro (4) veces la capacidad necesaria para el ensayo, calculada en el párrafo anterior.

c. En el laboratorio el material debe ser minuciosamente homogenizado volcándolo sobre la lona indicada en ap. (7.2 g) removiéndolo hasta obtener completa uniformidad utilizando para ello la pala ancha ap. (7.2 i).

d. Si se dispone del equipo cuarteador ap. (7.2 h); por sucesivos pasajes se reduce la muestra hasta tener una cantidad conforme a lo establecido en el ap.(7.3 a).

En caso contrario, el cuarteo del material se ejecuta a mano para lo cual se distribuye el material sobre la lona formando un cono cuya base superior se achata con la pala. Se divide en cuatro sectores aproximadamente iguales, según dos diámetros perpendiculares. Se toman los dos sectores opuestos, se unen y mezclan cuidadosamente. Si la cantidad que resulta es mayor que la que se indica en ap. (7.3

a) se repite en forma idéntica esta operación, tantas veces como sea necesario, hasta obtener una cantidad de material de acuerdo con lo establecido en dicho apartado.

El material así obtenido se seca en estufa a 105º - 110º C. hasta peso constante.

7. 4. PROCEDIMIENTO

Se consideran dos cosas:

El material que se presenta limpio con partículas sanas y sin películas adheridas y el que tiene apreciable proporción de cohesivos que forman películas adheridas a las partículas de mayor tamaño.

1. Caso de material limpio

a. Obtenida, como se explico en (7.3 d), la cantidad a ensayar, se pesa ésta y se anota su peso (Pt).

b. Se pasa el total del material por las distintas cribas ap. (7.2 a), comenzando por la de mayor abertura y se determina el peso retenido por cada criba: P1, P2, P3 respectivamente. Esta operación se completa hasta el tamiz IRAM 4,75 mm. (Nº4).

NOTA: Para efectuar el tamizado, colocada la muestra sobre el tamiz de mayor abertura, mientras se mantiene el tamiz ligeramente inclinado con una mano, con la otra se golpea a razón de dos golpes por segundo; después de veinticinco golpes se gira el tamiz horizontalmente 60º golpeándolo suavemente sobre una base firme.

c. Se pesa la cantidad librada por el tamiz IRAM 4,75 mm. (Nº 4). Si este peso es menor que 1500 gr. se prosigue el tamizado por los tamices de la serie ap. (7.2)

a), en la forma indicada en 7.4.1 (b) y se anotan los pesos retenidos por cada tamiz (ver observación 7.7 c).

d. Si la cantidad librada por el tamiz IRAM 4,75 mm. (Nº 4) es mayor que 1500 gramos, se toma por cuarteos una cantidad inferior a ésta última, se pesa (PC) y se prosigue la operación con los restantes tamices de la serie, como se indica en el párrafo anterior, anotando los pesos retenidos por cada tamiz.

2. Caso de materia con películas adheridas a las partículas o mezclado con cohesivo.

a. Se pesa la cantidad obtenida según ap. (7.3. d), llamémoslo Pt.

b. Se coloca todo el material dentro de la bandeja para lavado, ap. (7.2 e), se tapa el vertedero, se agrega agua de modo que cubra toda la muestra. Se remueve con una espátula o con la mano, procurando desmenuzar los terrones que pudieran existir. Se deja actuar el agua durante un tiempo más o menos largo, que debe llegar a las 24 horas cuando se trata de cohesivo muy activo.

Tratándose de arenas finas es conveniente calentar el agua a 80º C.

c. Se coloca debajo del vertedero un tamiz IRAM 75 micrómetros (Nº 200) sobre el cual se pone uno de abertura algo mayor, por ejemplo el de 2 mm. (Nº10). Se destapa el vertedero, y se sigue haciendo correr agua dentro de la bandeja removiendo suavemente de modo que la corriente arrastre el material fino. Se sigue la operación hasta que el líquido que pasa a través del tamiz IRAM 75 micrómetros (Nº 200) salga limpio.

d. Se recoge todo el material sobrante en la bandeja y el retenido por los tamices, se seca a peso constante y se anota el peso (P1).

e. Se prosigue como se indicó desde ap. (7.4. 1. b) hasta (7. 4.1 d).

7. 5. CÁLCULOS

1. Caso de material limpio

a. Se resta del material seco total (PT) lo retenido por el tamiz IRAM mayor abertura. Se obtiene así la cantidad librada por ese tamiz: P1. De este peso, P1, se resta lo retenido por el segundo tamiz y se obtiene el peso del material librado por él. Se sigue en esta forma por restas sucesivas hasta el tamiz IRAM 4,75 mm. (Nº 4) inclusive.

Determinando así el peso total del material que pasa este tamiz valor que llamaremos PA.

b. Se calcula el cociente PA/PC y se multiplica por este resultado las porciones retenidas por cada uno de los tamices subsiguientes siendo las cantidades resultantes las que se tomaran como sustrayendo en las restas sucesivas indicadas (7.5.1 a).

c. Los porcentajes de películas que pasan por cada tamiz se calculan por medio de la siguiente fórmula:

$$P\ \%\ que\ pasa = \frac{P}{Pt} x100$$

Dónde:

P = Cantidad total librada para cada tamiz.

Pt = Cantidad total de muestra ensayada.

2. Caso de material con películas adheridas a las partículas o mezclado con adhesivos.

a. Se procede igual que en (7- 5. 1 a) hasta el tamiz IRAM 4,75 Mm. (Nº 4).

b. De la porción librada por este tamiz, se resta la parte eliminada por el lavado realizado según 7.4.2, que es Pt- P1. El resultado se divide por Pc, siendo este cociente el factor por el que se multiplican las cantidades retenidas en el tamizado subsiguiente. Los resultados de estas multiplicaciones será los sustraendos de las restas sucesivas.

c. Para obtener los porcentajes de las partículas que pasan por cada tamiz se utiliza la misma fórmula indicada en (7.5.1 c).

7. 6. CURVA GRANULOMÉTRICA

a. Para el trazado de la curva representativa del material se utiliza un diagrama de coordenadas semilogarítmicas, como el de la planilla adjunta, en el se indican en abscisas el logaritmo de las aberturas de cribas y tamices; y en ordenadas están representados, en escala aritmética, los porcentajes librados por cada criba o tamiz.

b. Se unen con un trazo continuo los puntos de intersección y se obtiene la representación gráfica de la granulometría del material estudiado.

7 .7. OBSERVACIONES

a. Cuando se reduce una muestra por cuarteos, siempre debe tomarse el producto total de una operación pesando cuidadosamente el material obtenido. Nunca debe completarse a un peso determinado, quitando o agregando material.

b. La operación de tamizar a través de mallas de hasta 4,75 mm. (Nº 4) no ofrece dificultades. No ocurre lo mismo con las mallas de aberturas pequeñas, pues estas se tapan con facilidad. Deben limpiarse con frecuencia con cepillos adecuados de cerda, o de cerda entremezclada con hilos muy finos de bronce.

También se limpian golpeando suavemente el marco del tamiz contra la mesa de trabajo.

c. Para los tamices IRAM 4,75 mm. (Nº 4) y menores, se considera finalizada la tarea del tamizado cuando, luego de un minuto de zarandeo, pasa menos de 1% de la porción que queda retenida.

d. Durante la ejecución del tamizado no debe forzarse el paso de las partículas a través de los tamices con ningún elemento extraño (mano, pincel, espátula, etc.).

NORMA DE ENSAYO (VN - E2 – 65)

LIMITE LÍQUIDO

2.1 – OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para determinar el límite líquido de unsuelo.

Límite Líquido: Es el contenido de humedad, expresado en por ciento del peso del sueloseco, existente en un suelo en el límite entre el estado plástico y el estado líquido delmismo. Este límite se define arbitrariamente como el contenido de humedad necesariopara que las dos mitades de una pasta de suelo de 1 cm. de espesor fluya y se unan enuna longitud de 12 mm., aproximadamente, en el fondo de la muesca que separa lasdos mitades, cuando la cápsula que la contiene golpea 25 veces desde una altura de 1

cm., a la velocidad de 2 golpes por segundo.

2.2 – APARATOS

a. Mortero de porcelana o madera con pilón revestido con goma, de medidascorrientes.

b. Tamiz IRAM 425 micrómetros (Nº 40).

c. Cápsula de porcelana o hierro enlozado de 10 a 12 cm., de diámetro.

d. Espátula de acero flexible con hoja de 75 a 80 mm. de largo y 20 mm. De ancho,con mango de madera.

e. Aparato para la determinación semimecánica del límite líquido de las dimensionesy demás características indicadas en la figura Nº 1.

f. Acanalador de bronce o acero inoxidable de las dimensiones y demáscaracterísticas indicadas en la figura Nº 2.

g. Pesa filtros de vidrio o aluminio de 40 mm. de diámetro y 30 mm. de alturaaproximadamente.

h. Buretas de vidrio con robinetas.

i. Balanza de precisión con sensibilidad de 1 centigramo.

j. Estufa para secado de muestras regulable, que asegure temperaturas de 105º C. –110º C.

k. Elementos varios de uso corriente: bandejas para mezclas de material,rociadores, probetas, espátulas, etc.

2.3 – PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

El ensayo se realiza sobre la fracción del material que pasa por el tamiz IRAM 425micrómetros (Nº 40). Si se está efectuando la clasificación del suelo según la Norma VNE4-84, y "Clasificación de Suelos – Índice de Grupos" se utiliza la parte del material quese dejo aparte según lo indicado en el ap. 1.3 (c) del la Norma VN-E1-65 "Tamizado desuelos por vía húmeda".

1. Suelos finos:

a. Si se trata de suelo fino se toma por cuarteo una porción de 400 a 500 gr., desuelo secado al aire y se lo hace pasar por el tamiz IRAM 425 micrómetros (Nº40). La porción retenida por este tamiz se coloca en el mortero y se la desmenuzaen el mortero con el pilón revestido en goma. Se tamiza y se repite la operaciónhasta que pase en su totalidad o se evidencie que la parte retenida estáconstituida por partículas individuales, de tamaño mayor que la abertura deltamiz.

Debe tenerse en cuenta que la operación de desmenuzar con el pilón del morterotiene por finalidad deshacer grumos y no romper partículas de arena.

b. Se reúnen todas las porciones obtenidas y se mezclan cuidadosamente, paraobtener un material homogéneo.

2. Suelos con material grueso:

a. Si la muestra contiene material grueso, se separa éste por tamizado a través deltamiz IRAM 2 mm. (Nº 10).

b. Si a pesar del desmenuzado se observa que queda material fino adherido a laspartículas gruesas, estas se ponen en maceración con al menor cantidad posiblede agua y se hacen pasar por el tamiz IRAM 425 micrómetros (Nº 40). Se recogeel líquido que pasa, el que será evaporado a sequedad, a temperatura no mayora 60º C. El residuo se desmenuza, y se incorpora a las demás fracciones yaobtenidas, mezclándose cuidadosamente hasta obtener un material homogéneo.

2.4 – CALIBRACIÓN DEL APARATO

Verificar que el aparato de Casagrande para la determinación del límite líquido esté enbuenas condiciones de funcionamiento, que el eje sobre el que gira la cápsula no estédesgastado hasta el punto de permitir desplazamientos laterales de la misma; que lostornillos que conectan la cápsula al brazo estén apretados y que la superficie de lacápsula no presente excesivo desgaste.

La base de 50 mm. de espesor, debe ser de ebonita o de madera dura con una placa deebonita, de no menos de 10 mm. de espesor, firmemente encastrada en la madera.

La cápsula debe ser de bronce pulido, debe tener las dimensiones fijadas y su peso, incluido el engarce y la pestaña, debe ser de 205 + ó –5 gr.

El acanalador que acompaña al aparato, debe ser de bronce o de acero inoxidable.

La calibración mecánica del aparato se efectúa en la siguiente forma:

a. Se aflojan los tornillos de regulación, designados T en la figura Nº 1.

b. Se intercala entre la base y la cápsula una chapa de 10 mm. de espesor. Si elacanalador tiene su mango terminado en forma de cubo de 10 mm. de arista, sepuede usar para este calibrado.

c. Mientras se va haciendo girar la manivela que acciona el excéntrico se hacecorrer la cápsula en uno u otro sentido, hasta que se observe que el excéntrico lalibere exactamente desde 10 mm. de altura

d. Se ajustan los tornillos de regulación. Se retira el espesor colocado y se verifica sila altura de caída libre es exactamente 10 mm. se efectúan los retoquesnecesarios.

2.5 – PROCEDIMIENTO

a. Se toman 50 o 60 gr. Del material obtenido de acuerdo al título 2.3 y se coloca enuna cápsula de hierro enlozado o porcelana, ap. 2.2 (c).

b. Se humedece con agua destilada o potable de buena calidad, dejándose reposarpor lo menos durante 1 hora.

c. Posteriormente se continúa agregando agua en pequeñas cantidades mezclandocuidadosamente con la espátula después de cada agregado procurando obteneruna distribución homogénea de la humedad y teniendo en especial cuidado dedeshacer todos los grumos que se vayan formando.

d. Cuando la pasta adquiere una consistencia tal que, al ser dividida en dosporciones, éstas comiencen a fluir cuando se golpea la cápsula contra la palmade la mano, se transfiere una porción de la misma a la cápsula de bronce delaparato, se la amasa bien y se la distribuye como lo indica la figura Nº 3, demanera que el espesor en el centro sea aproximadamente de 1 cm.

e. Con el acanalador se hace una muesca en forma tal que quede limpio el fondo dela cápsula en un ancho de 2 mm.; la muesca debe seguir una dirección normal aleje de rotación en su punto medio, figura Nº 3.

f. Se acciona la manivela a razón de dos vueltas por segundo, y se cuenta elnúmero de golpes necesarios para que, por fluencia se cierren los bordesinferiores de la muesca, en una longitud de aproximadamente 12 mm.

g. Verificar si la unión es por fluencia y no por corrimiento de toda la masa. Paraesto se procura separar con la espátula los bordes unidos. Si hubo corrimiento detoda la masa la separación se logra fácilmente, quedando limpio el fondo de lacápsula. En cambio si ha habido fluencia, la cápsula mueve únicamente la parteque ataca y el resto queda adherido al fondo de la cápsula.

h. Se retira una porción de pasta, de peso más o menos 10 gr. de la parte en la quese produjo la unión, y se la coloca en el pesa filtro previamente tarado. Se pesa yse anota en la planilla. También se anotará el peso del pesa filtro, su número deidentificación y el número de golpes requeridos para lograr la unión de la pasta.

i. Se repite estas operaciones dos veces más, con contenidos crecientes de agua,procurando que los números de golpes requeridos para el cierre de la muescasean, uno mayor y otro menor de 25 golpes.

j. La pasta colocada en el pesa filtro para cada operación se seca en la estufa atemperatura de 105º a 110º C hasta peso constante.

NOTA:

Para los suelos altamente plásticos, arcillas muy pesadas, se deberá preparar lamuestra, de acuerdo a lo indicado en los ap. 2.5 (a) y (b) el día anterior al ensayo.

Efectuado esto, se cotejará al resultado obtenido al hallado siguiendo elprocedimiento normal del ensayo. En caso de obtenerse valores diferentes seadoptará el logrado por la muestra humedecida el día anterior al de ejecución delensayo.

2.6 – CÁLCULOS:

a. La humedad porcentual de cada punto se calcula con la fórmula:

$$LP = \frac{P1 - P2}{P2 - Pt} x100$$

Donde:

P1= Peso del pesa filtro más la porción pasta de suelo húmedo.

P2= Peso del pesa filtro más el suelo seco.

Pt= Peso del pesa filtro vacío.

a. Sobre un sistema de coordenadas rectangulares se toma, en abscisas ellogaritmo del número de golpes, y en ordenadas el porcentaje de humedad.

Se ubican los puntos obtenidos, los que estarán sensiblemente alineados. Setraza la línea recta que mejor ligue a esos puntos y sobre el eje de las ordenadas, en el punto correspondiente a aquel en que esta recta corta la perpendiculartrazada las abscisas por el punto correspondiente a 25 golpes, se lee el valor de

2.7 – OBSERVACIONES.

a. Los mejores resultados se obtienen cuando el número de golpes de los distintospuntos está comprendido entre 20 y 30.

b. Como variante simplificadora que ahorra mucho tiempo y suministra resultadossatisfactorios, se podrá utilizar el método de un solo punto.

c. Para esto se determina un punto en la forma indicada en ap. 2.5 (a) a (h) y secalcula la humedad en por ciento, anotando el número de golpes necesarios (N)para el cierre de la muesca, procurando que este número de golpes estécomprendido entre 20 y 30 golpes.

d. Siendo H la humedad en por ciento y N el número de golpes necesarios, el valordel Límite Líquido está dado por la fórmula:

$$LL = \frac{H}{1.419 - 0.3 \log N}$$

NORMA DE ENSAYOVN - E3 - 65

LIMITE PLÁSTICO – ÍNDICE DE PLASTICIDAD

3.1– OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para determinar el Límite Plástico de un suelo.

Límite Plástico: Es el contenido de humedad existente en un suelo, expresado en por ciento del peso de suelo seco, en el límite entre el estado plástico y el estado sólido delmismo.

Este límite se define arbitrariamente como el más bajo contenido de humedad con el cual el suelo, al ser moldeado en barritas cilíndricas de menor diámetro cada vez, comienza a agrietarse cuando las barritas alcanzan a tener 3 mm. de diámetro.

3.2 – APARATOS

a. Mortero de porcelana o madera con pilón revestido con goma, de medidas corrientes.

b. Tamiz IRAM 425 micrómetros (Nº 40).

c. Cápsula de porcelana o hierro enlozado de 10 a 12 cm., de diámetro.

d. Espátula de acero flexible con hoja de 75 a 80 mm. de largo y 20 mm. de ancho, con mango de madera.

e. Vidrio plano de 30 x 30 cm., o un trozo de mármol de las mismas dimensiones.

f. Trozos de alambre galvanizado redondos de 3 mm. de diámetro para ser utilizados como elementos de comparación.

g. Pesa filtros de vidrio o aluminio de 40 mm. de diámetro y 30 mm. de altura aproximadamente.

h. Buretas de vidrio graduada, con robinete.

i. Balanza de precisión con sensibilidad de 1 centigramo.

j. Estufa para secado de muestras regulable, que asegure temperaturas de 105º C. a 110º C.

k. Elementos varios de uso corriente: bandejas para mezclas de material, rociadores, probetas, espátulas, etc.

NOTA: Las dimensiones dadas en los aparatos (c), (d), (e) y (g) son aproximadas.

3.3 – PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

El ensayo se realiza sobre la porción del material que pasa por el tamiz IRAM 425 micrómetros (Nº 40). Si se está efectuando la clasificación del suelo según la Norma VNE4-84, y "Clasificación de Suelos – Índice de Grupos" se utiliza la parte del material quese dejó aparte, de acuerdo a lo indicado en el ap. 1.3 (c) del la Norma VN-E1-65"Tamizado de Suelos por Vía Húmeda".

1. Suelos finos:

a. Si se trata de suelo fino se toma por cuarteo una porción de 400 a 500 gr., de suelo secado al aire y se lo hace pasar por el tamiz IRAM 425 micrómetros (Nº40).

La porción retenida por este tamiz se coloca en el mortero y se la desmenuza con el pilón revestido en goma. Se tamiza y se repite la operación hasta que pase en su totalidad o se evidencie que la parte retenida está constituida por partículas individuales, de tamaño mayor que la abertura del tamiz.

Debe tenerse en cuenta que la operación de desmenuzar con el pilón del mortero tiene por finalidad deshacer grumos y no romper partículas de arena.

b. Se reúnen todas las porciones obtenidas y se mezclan cuidadosamente, para obtener un material homogéneo.

2. Suelos con material grueso:

a. Si la muestra contiene material grueso, se separa éste por tamizado a través del tamiz IRAM 2 mm. (Nº 10). Con la parte fina se procede como se indicó en el ap.3.3 - 1 (a) y (b).

b. Si a pesar del desmenuzado se observa que queda material fino adherido a las partículas gruesas, estas se ponen en maceración con al menor cantidad posible de agua y se hacen pasar por el tamiz IRAM 425 micrómetros (Nº 40). Se recoge el líquido que pasa, el que será evaporado a sequedad, en estufa, a temperatura no mayor a 60º C. El residuo se desmenuza, y se incorpora a las demás fracciones ya obtenidas, mezclándose cuidadosamente hasta obtener un material homogéneo.

3.4 – PROCEDIMIENTO

a. Se toman 15 a 20 gr. del material obtenido de acuerdo al título 3.3 y se colocan en una cápsula de porcelana o de hierro enlozado, ap. 3.2 (c).

b. Se humedece con agua destilada o potable de buena calidad, dejándose reposar por lo menos durante 1 hora.

c. Posteriormente se continúa agregando agua en pequeñas cantidades, mezclando cuidadosamente con al espátula después de cada agregado; procurando obtener una distribución homogénea de la humedad y teniendo especial cuidado de deshacer todos los grumos que se vayan formando.

d. Se continúa el mezclado hasta obtener que la pasta presente una consistencia plástica que permita moldear pequeñas esferas sin adherirse a las manos del operador.

e. Una porción de la parte así preparada se hace rodar por la palma de la mano sobre láminas de vidrio, ap. 3.2 (e), dándole la forma de pequeños cilindros.

f. La presión aplicada para hacer rodar la pasta debe ser suficiente para obtener que las barritas cilíndricas mantengan un diámetro uniforme en toda su longitud.

g. La velocidad con la que se manipula a la pasta haciéndola rodar debe ser tal de obtener de 80 a 90 impulsos por minuto, entendiendo como un impulso unmovimiento completo de la mano hacia delante y atrás.

h. Si el diámetro de los cilindros es menor de 3 mm. de diámetro y no presentan fisuras o signos de desmenuzamiento, se reúnen los trozos y se amasan nuevamente tantas veces como sea necesario.

La operación también se repite si las barritas cilíndricas se agrietan antes de llegar al diámetro de 3 mm. En este caso se reúne el material amasándolo con más agua hasta completa uniformidad.

i. el ensayo se da por finalizado cuando las barritas cilíndricas comienzan a figurarse o agrietarse al alcanzar los 3 mm. de diámetro, punto que resulta fácil de establecer comparándolo con los trozos de alambre, ap. 3.2 (f).

j. Obtenido este estado se colocan las barritas cilíndricas en un pesa filtro, tapándolo de inmediato para evitar evaporación; se pesan y se secan en estufa a 105º C – 110º C hasta peso constante.

NOTA: Para los suelos altamente plásticos, arcillas muy pesadas, se deberá preparar una muestra de acuerdo a lo indicado en los ap. 3.4 (a) y (b), en el día anterior al ensayo. Efectuado éste, se cotejará el resultado obtenido con el hallado siguiendo elprocedimiento normal de ensayo.

En caso de obtenerse valores diferentes se adoptará el logrado con la muestra humedecida el día anterior al de la ejecución del ensayo.

3.5 – CÁLCULOS

El Límite Plástico del suelo se calcula con la siguiente fórmula:

$$LP = \frac{P1 - P2}{P2 - Pt} x100$$

Donde:

LP= Límite plástico.

P1= Peso del pesa filtro más el suelo húmedo, al centigramo.

P2= Peso del pesa filtro más el suelo seco, al centigramo.

Pt= Peso del pesa filtro vacío, al centigramo.

3.6 – ÍNDICE DE PLASTICIDAD

El índice de plasticidad de un suelo es la diferencia numérica entre los valores del límite líquido y el límite plástico de un mismo suelo.

Es decir:

IP= LL - LP

3.7 – OBSERVACIONES

a. Si el suelo presenta características de plasticidad bien definidas, se amasa el suelo con un contenido de humedad que satisfaga las condiciones establecidas en el ensayo del límite plástico y se ejecuta este. Luego se agrega más agua a la pasta restante en la cápsula y se realiza el ensayo del límite líquido.

b. Si el suelo tiene poca plasticidad, se realiza primeramente el ensayo de límite líquido y de inmediato con la parte del material restante se ejecuta el ensayo de límite plástico.

c. Si el suelo no tiene plasticidad pero si límite líquido. Este caso se presenta cuando al intentar formar la barrita cilíndrica, ésta se rompe antes de alcanzar el diámetro de 3 mm. se determina el límite líquido y se indica IP= 0.

d. El suelo no tiene plasticidad ni tampoco puede determinarse el valor del límite líquido. Pasa esto cuando el suelo por su excesiva aridez no permite conformar lapastilla en la cápsula del aparato para la determinación semimecánica del límite líquido (aparato de Casagrande). Se indica entonces sin límite líquido, IP= 0.

NORMA DE ENSAYO (VN - E4 – 84) - CLASIFICACIÓN DE SUELOS

4.2- CLASIFICACIÓN

La clasificación de suelos comprende dos grandes conjuntos, el de los materiales granulares con 35 % o menos pasando el tamiz IRAM 75 micrómetro (Nº 200) y el de losmateriales limo-arcillosos, conteniendo más del 35 % que pasa al tamiz IRAM 75micrómetros (Nº 200). Cinco fracciones de tamaños se diferencian entre las dimensionesde los siguientes tamices:

4.3- DEFINICIÓN DE "GRAVA", "ARENA GRUESA", "ARENA FINA" Y "SUELO ARCILLO-LIMOSO"

GRAVA

Pasa tamiz de abertura cuadrada de 3" y retenido en el tamiz IRAM 2,00 mm. (Nº10).

ARENA GRUESA

Pasa tamiz IRAM 2,00 mm. (Nº 10) y retenido en el tamiz IRAM 425 micrómetros (Nº 40).

ARENA FINA

Pasa tamiz IRAM 425 micrómetros (Nº 40) y retenido en el tamiz IRAM 75 micrómetros (Nº 200).

LIMO Y ARCILLA COMBINADOS

Pasa el tamiz IRAM 75 micrómetros (Nº 200)

Las condiciones y características generales de cada grupo de suelos, se da a continuación:

4.4 - DESCRIPCIÓN DE LOS GRUPOS Y SUBGRUPOS

4.4.1 – MATERIALES GRANULARES

A-1-.

Suelos bien graduados, de gruesos a finos, con un ligante no plástico o débilmente plástico.

A-1-a.

Suelos en los que predominan fragmentos de piedra, o grava, con o sin material ligante bien graduado.

A-1-b.

Suelos en los que predominan arenas gruesas, con o sin material ligante bien graduado.

Algunos suelos A-1, pueden requerir materiales finos para constituir bases firmes.

Generalmente suelen ser muy estables bajo la acción de las cargas transmitidas por las ruedas, sin tener en cuenta su contenido de humedad. Pueden usarse satisfactoriamente como bases para delgadas carpetas bituminosas. Los suelos de estegrupo son adecuados para superficies granulares de rodamiento.

A-2.-

Suelos compuestos por una extendida gama de materiales granulares que no pueden clasificarse en los grupos A-1 o A-3, por el contenido de finos, su plasticidad o ambascosas a la vez.

A-2-4 y A-2-5.-

Suelos con materiales granulares que contienen ligante con características de los grupos A-4 o A-5

A-2-6 y A-2-7.-

Suelos con materiales granulares que contienen ligante con características de los grupos A-6 o A-7.

Los suelos A-2 son inferiores a los A-1 por su pobre gradación o inferior ligante, o ambas cosas a la vez.

Pueden ser muy estables con drenaje satisfactorio, y en relación con la cantidad y calidad del ligante, pueden ablandarse con la humedad y presentarse sueltos y polvorientos en épocas de sequías; algunos son dañados por las heladas. Los A-2-4 y

A-2-5, bien arenados y compactados, pueden servir de bases. Utilizados como superficie de rodamiento, los A-2-6 y A-2-7, pueden perder estabilidad por efectos de lasaturación capilar o falta de drenaje. La calidad de los suelos A-2-6 y A-27 como basesvaría desde buena, cuando el porcentaje de material que pasa por el tamiz IRAM 75micrómetro (Nº 200) es bajo, hasta dudosa, con alto porcentaje pasando aquel tamiz eíndice plástico mayor de 10.

Generalmente los suelos A-2 son adecuados para cubrir subrasantes muy plásticas, cuando se construya un pavimento de hormigón.

A-3.

Suelos compuestos por arenas pobres en ligante y materiales gruesos. Ejemplos típicos de ese grupo son, las arenas finas de las playas y de los desiertos (formación eólica) ylos materiales depositados por las corrientes de agua y constituidos por arenas finaspobremente graduadas y cantidades limitadas de arena gruesa y grava.

Son comunes en ocasiones y les falta estabilidad bajo la acción de las cargas, a menos que estén bien húmedos. Son ligeramente alterados por la acción de la humedad, noexperimentan cambios volumétricos y confinados constituyen adecuadas subrasantespara cualquier tipo de pavimento. No pueden ser compactados con los rodillos "pata decabra" y se consolidan por vibración o por riegos y cilindrado.

4.4.2.-MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS

A-4.-

Suelos compuestos esencialmente de limo, con moderada o poca cantidad de material grueso y sólo pequeña cantidad de arcilla grasa coloidal. Son muy comunes en ciertasocasiones y secos proveen una superficie de rodamiento firme, con ligero rebote aldesaparecer las cargas. Cuando absorben agua rápidamente, sufren expansión perjudicial o pierden estabilidad aún sin manipularlos. Se levantan por la acción de lasheladas. Su textura varía ampliamente desde el loam-arenoso hasta el limo y loamlimoso.

Los loam-arenosos tienen mejor estabilidad, para diversas densidades, que los limos y los loam-limosos. Sufren pequeñas variaciones de volumen y no producengrandes distorsiones del pavimento, aún cuando hayan sido compactados secos.

Los loam-limosos y limos, no adquieren altas densidades, porque su pobre graduación y carencia de material ligante, da lugar a un gran volumen de vacíos.

Son relativamente inestables con cualquier contenido de humedad, y cuando éste es grande, tienen muy baja estabilidad y valor soporte. Son difíciles de compactar porque elcontenido de humedad, para obtener densidad satisfactoria, está dentro de estrechoslímites. Secos, estos suelos son elásticos, mostrando considerable rebote cuando dejade actuar la carga. Los más plásticos se expanden al crecer su contenido de humedad.

Esto es más fácil de producirse, cuando han sido compactados con una humedad debajo de la óptima. Las carpetas bituminosas requieren importantes capas bases,cuando se empleen suelos de este grupo, como subrasantes.

Cuando el valor hallado resulta negativo, el índice de grupo será registrado como cero(0).

Se tomará el número entero más cercano al valor calculado.

El gráfico correspondiente permite hallar el índice de grupo sumando los valoresparciales obtenidos mediante el límite líquido y el índice plástico, partiendo del porcientoque pasa por el tamiz Nº 200.

Cuando se calcula el índice de grupo de los subgrupos A-2-6 y A-2-7 sólo interviene el valor obtenido a través del índice plástico.

4.5. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE GRUPO

El índice de grupo en esta clasificación de suelos, se puede determinar con la fórmula basada en la granulometría, límite líquido e índice plástico del suelo, o recurriendo paradeterminaciones rápidas, a los gráficos confeccionados con este fin.

La fórmula es la siguiente:

IG = (F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F - 15) (IP - 10)

F= porciento de material que pasa por el tamiz IRAM 75 micrómetros (Nº 200), expresado como un número entero. Este porciento se expresa en función del material que pasa por el tamiz de 75 mm. (3 ").

LL = límite líquido

IP = índice plástico

4.7.- BASES PARA LA FORMULA ÍNDICE DE GRUPO

La fórmula desarrollada para evaluar cuantitativamente los materiales granulares con arcilla y los materiales limo arcillosos, se basa en las siguientes consideraciones:

Los materiales A1-a, A1-b, A2-4, A2-5 y A3 son satisfactorios para subrasantes, cuando están adecuadamente drenados y compactados debajo de moderados espesores depavimento (base y/o capa superficial) compatibles con el tránsito que soportarán, ocuando han sido mejorados por la adición de pequeñas cantidades de un ligante naturalo artificial.

Los materiales granulares con arcilla de los grupos A2-6 y A2-7 y los limo-arcillosos de los grupos A4, A5, A6 y A7 varían en su comportamiento como material de subrasantedesde el equivalente a los buenos suelos A2-4 y A2-5 hasta el regular y pobre, requiriendo una capa de material de sub-base o un espesor mayor de la capa de basepara soportar adecuadamente las cargas del tránsito.

El porciento mínimo crítico que pasa por el tamiz IRAM 75 micrómetros (Nº 200), es de 35 despreciando la plasticidad y 15 cuando los índices plásticos son mayores que 10.

Se consideran críticos los límites de 40 o mayores.

Para suelos no plásticos o cuando el límite líquido no puede ser determinado, se considerará que el índice de grupo es cero (0).

No hay límite superior para el índice de grupo obtenido con la fórmula. Los valores críticos de PT Nº 200, límite líquido e índice de plasticidad se basan en una evaluaciónde diferentes organizaciones que practican estos ensayos, sobre comportamiento desubrasantes y capas de base y sub-base.

Bajo condiciones promedio de drenaje y compactación adecuados, el valor soporte de una subrasante puede ser considerado inversamente proporcional al valor del índice degrupo. Un índice de grupo 0 indica un "buen" material de subrasante y otro de 20 omayor un material "muy pobre".

A-5.-

Son suelos similares a los A-4, con la diferencia que incluyen materiales muy pobremente graduados y otros como micas, y diatomeas que proveen elasticidad y danlugar a baja estabilidad. No son muy comunes en ciertas ocasiones. Rebotan al dejar deactuar la carga, aún estando secos. Sus propiedades elásticas intervienen desfavorablemente en la compactación de las bases flexibles que integran y no sonadecuados para subrasantes de delgadas bases de este tipo o carpetas bituminosas.

Están sujetos al levantamiento por la acción de las heladas.

A-6.-

Suelos que están compuestos por arcillas con moderada o despreciable cantidad de material grueso. Son suelos muy comunes. En estado plástico, con variada consistencia,absorben agua sólo cuando son manipulados.

Tienen buen valor soporte compactados a máxima densidad; pero, lo pierden al absorber agua. Son compresibles, con poco rebote al dejar de actuar la carga y muyexpansivos compactados en subrasantes con humedad debajo de la óptima. Los índicesde plasticidad mayores de 18, indican alta cohesión del material ligante (arcilla y coloides) con bajos contenidos de humedad. Poseen muy poca fricción interna, y bajaestabilidad para altos contenidos de humedad.

Colocados y "conservados" con poca humedad, son aceptables en terraplenes y subrasantes. La presión capilar del agua, que se ejerce por el secado, es de tal intensidad que acerca las partículas del suelo, formando una masa compacta y densa.

Este proceso se pone en evidencia por la formación de grietas de contracción en épocas de sequía.

Como estos suelos tienen poros muy pequeños, el agua se mueve lentamente por ellos, aún bajo considerable carga hidrostática. Absorben agua o se secan muy lentamente, amenos que sean manipulados. Son difíciles de drenar. Mientras el movimiento del aguagravitacional es lento, la presión capilar que empuja el agua de las porciones húmedas alas secas, es muy grande, e importantes fuerzas expansivas se desarrollan por estemotivo.

No son adecuados para usar como subrasantes, bajo delgadas bases flexibles o carpetas bituminosas, por los grandes cambios volumétricos al variar la humedad y subajo valor soporte al humedecerse.

Entre los suelos más pesados de este grupo y los pavimentos de hormigón, debe interponerse una capa de otros materiales, para prevenir distorsiones del pavimento o laproducción del "bombeo". Todos los pavimentos flexibles necesitan la interposición decapas de suelos A-1 o A-2 o piedra partida, para prevenir la acción de la arcilla sobre lasbases flexibles, con pérdida de su capacidad portante.

A-7.-

Como en los suelos A-6, predominan en éstos la arcilla, pero debido a la presencia de partículas uniformes de limo, materia orgánica, escamas de mica o carbonato de calcio,son elásticos. Bajo cierto contenido de humedad se deforman rápidamente bajo laacción de la carga, y muestran apreciable rebote al desaparecer aquella. Poseen lasmismas características de los suelos A-6 y el mismo comportamiento constituyendosubrasantes en otras aplicaciones de la construcción. Además de los altos cambiosvolumétricos al variar la humedad, bajo valor soporte al humedecerse, necesidad deinterposición de capas de otros materiales para separarlos del pavimento, etc., lossuelos A-7 son elásticos y rebotan al dejar de actuar las cargas, lo que impide la adecuada compactación y los hacen inaceptables como subrasantes para pavimentosflexibles.

A-7-5.-

Suelos como los A-7 con moderados índices de plasticidad en relación al límite líquido, pueden ser altamente elásticos y sujetos a considerables cambios volumétricos.

A-7-6.-

Suelos como los A-7 con altos índices de plasticidad en relación al límite líquido y sujetos a extremados cambios volumétricos. Suelos compuestos de turbas blandas ytierras abonadas que, tienen grandes cantidades de materia orgánica y humedad y nopueden ser usados en subrasantes y terraplenes o cualquier otro tipo de construcción.

NORMA DE ENSAYO VN - E13 - 67
"PESO ESPECIFICO APARENTE Y ABSORCION
DE AGREGADOS PETREOS GRUESOS"

13- 1 OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para determinar el peso específico aparente y la absorción de agregados pétreos gruesos.

a) Peso específico aparente: Es la relación entre el peso de un volumen del material seco a una temperatura dada y el peso de igual volumen de agua destilada a esa temperatura. El volumen incluye los poros impermeables del material.

b) Peso específico del agregado seco: Es la relación entre el peso de un volumen del material seco a una temperatura dada y el peso de igual volumen de agua destilada estando el material en condición de saturado a superficie seca. El volumen incluye los vacíos permeables e impermeables del material.

c) Peso específico del agregado saturado: Es la relación entre el peso saturado a superficie seca de un volumen del material a una temperatura dada y el peso de igual volumen de agua destilada. El volumen incluye los vacíos permeables o impermeables del material.

d) Absorción: Es el volumen de los vacíos permeables del material expresada en por cientos del peso en el aire del mismo secado en estufa a 105º-110ºC hasta constancia de peso.

13.2 APARATOS

a) Tamiz IRAM 4,75 mm. Nº 4).

b) Balanza de 10 kg. de capacidad y sensibilidad al gramo.

c) Cesto de malla de alambre IRAM 2,36 mm. (Nº 8) de forma cilíndrica de 20cm. de diámetro y 20 cm. de altura aproximadamente.

d) Recipiente de capacidad suficiente para sumergir el cesto totalmente en agua.

e) Elementos varios de uso corriente, bandejas para mezclar el material, cucharas, espátulas, estufa para secado de muestras, etc.

13.3 PREPARACION DE LA MUESTRA

a) Se obtiene una muestra representativa del material a ensayar y se reduce por cuarteos sucesivos hasta un peso de 5 kg. aproximadamente.

b) Se elimina, por zarandeo, de la muestra así obtenida todo el material que pasa el Tamiz IRAM 4,75 mm. (Nº 4).

13- 4 PROCEDIMIENTO

a) Se lava cuidadosamente el material retenido en el Tamiz IRAM 4.75 mm. (Nº4) en una bandeja con agua hasta eliminar totalmente el polvo y las partículas adheridas a las partículas gruesas.

b) Se sumerge la muestra lavada en agua limpia a temperatura ambiente durante 24 horas, agitando el recipiente para conseguir que se desprendan totalmente las partículas de aire adheridos al material.

c) Transcurridas las 24 horas se retira la muestra del agua y se la seca haciéndola rodar sobre un paño absorbente preferentemente húmedo, de manera de eliminar solamente la película de agua superficial que da una apariencia brillante a las partículas. Enjuagar las partículas de mayor tamaño una por una. La superficie delas partículas debe mantenerse opaca y húmeda. Se tendrá especial cuidado de evitar la evaporación al realizar este trabajo.

d) Se determina el peso de la muestra, saturada a superficies seca, con aproximación al gramo, designado Ph a este valor.

e) Pesada la muestra se la coloca en el cesto de malla de alambre ap. 13-2-C, cuyopeso vacío y sumergido en agua debe haberse determinado previamente y sedetermina su peso sumergida en agua, con aproximación al gramo. Llamaremos:

Pi = Peso del cesto con la muestra en agua- Peso del cesto vacío en agua.

f) Se saca la muestra del cesto, se la coloca en una bandeja y se introduce en estufa a 105º- 110ºC hasta peso constante se la deja enfriar y se pesa.

Designado Ps este valor.

13- 5 CALCULOS

a) Peso específico aparente

Se determina mediante la fórmula:

$$P.E.A. = \frac{Ps}{Ps - Pi}$$

Dónde: P: E: A: S: = Peso específico aparente.

Ps= Peso de la muestra seca en estufa a peso constante.

Pi = Peso sumergida en agua de la muestra saturada a superficie seca.

b) Peso específico del agregado seco

Para calcularlo se aplica la fórmula siguiente:

$$P.E.A.S = \frac{Ps}{Ph - Pi}$$

Dónde:

P.E.A.S = Peso específico del agregado seco

Ph = Peso de la muestra en condición de saturada a superficie seca.

Ps; Pi = Con igual significado que en la fórmula anterior.

c) Peso específico del agregado saturado:

Se calcula aplicando la fórmula siguiente:

$$P.E.A.Sant = \frac{Ph}{Ph - Pi}$$

Donde:

P.E.A.Sat = Peso específico del agregado saturado.

Ph = Peso de la muestra saturada a superficie seca.

Pi = Peso de la muestra saturada a superficie seca sumergida en agua.

d) Absorción:

Para su determinación se aplica la fórmula siguiente:

$$A\% = \frac{Ph - Ps}{Ps}$$

Donde:

A% = Absorción en por cientos de peso seco.

Ph = Peso de la muestra saturada a superficie seca.

Ps = Peso de la muestra seca en estufa a peso constante.

13- 6 OBSERVACIONES

a) Los resultados se expresan para los pesos específicos aparente y aparente saturado en números adimensionales y con aproximación al centésimo, para la absorción en porcentaje del peso seco del material y con aproximación al décimo.

b) Se considerarán correctos los resultados cuando dos determinaciones no difieran en más de 0,02 % para los pesos específicos y en más de 0,05 % para la absorción.

NORMA DE ENSAYOVN - E5 - 93
COMPACTACIÓN DE SUELOS

5.1- OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para estudiar las variaciones del peso unitario de un suelo en función de los contenidos de humedad, cuando se lo somete aun determinado esfuerzo de compactación.

Permite establecer la Humedad óptima con la que se obtiene el mayor valor del Peso unitario, llamado Densidad seca máxima.

5.2- APARATOS

a. Moldes cilíndricos de acero para compactación con tratamiento superficial para que resulten inoxidables (Cincado, cadmiado, etc.) de las características y dimensiones indicadas en las figura 1 y figura 2.

b. Pisones de compactación, de acero tratado superficialmente, con las características y dimensiones que se dan en la figura 3.

c. Aparato mecánico de compactación que permita regular el peso, la altura de caída del pisón y el desplazamiento angular del molde o pisón (opcional).

d. Balanza de precisión, de 1 Kg. de capacidad con sensibilidad de 0,01 gramo.

e. Balanza tipo Roberval de por lo menos 20 Kg. de capacidad, con sensibilidad de 5 gramos.

f. Dispositivo para extraer el material compactado del interior del molde (opcional).

g. Cuchilla de acero o espátula rígida, cuya hoja tenga por lo menos 20 cm. De longitud.

h. Pesa filtros de vidrio o aluminio de 40 mm. de diámetro y 30 mm. de altura.

i. Tamiz IRAM 19 mm. (3/4")

j. Tamiz IRAM 4,75 mm. (Nº 4)

k. Dispositivo para pulverizar agua.

l. Bandeja de hierro galvanizado de 660 x 400 x 100 mm.

m. Bandeja de hierro galvanizado de 150 x 50 mm.

n. Espátula de acero, de forma rectangular, con las características indicadas en la figura 4.

o. Elementos de uso corriente en laboratorio: estufas, probetas graduadas, cucharas, etc.

NOTA: Las dimensiones dadas en los ap. g), l), m), son aproximadas.

5.3- FORMA DE OPERAR DE ACUERDO CON LAS CARACTERÍSTICAS

GRANULOMÉTRICAS DEL MATERIAL.

a. Si se trata de suelo que pasa totalmente por el tamiz IRAM 4,8 mm. (Nº 4), se opera con todo el material librado por dicho tamiz. Si la cantidad de material que queda retenida en ese tamiz es pequeña, igual o menor de 5 %, puede incorporarse a la muestra realizándose el ensayo con el total del suelo. Si la porción retenida es apreciable, mayor del 5 %, se opera como si se tratara de material granular.

b. Cuando se emplean materiales granulares, o sea los que tienen más del 5 % retenido sobre el tamiz IRAM 4,75 mm. (Nº 4), se pasa la muestra representativa por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4"), debiendo realizarse el ensayo cuando se correlacione éste con el ensayo de Valor Soporte, según norma VN-E6-68, únicamente con la fracción librada por este tamiz.

c. Si el peso del material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4") es menor del 15% del peso total de la muestra, cuando no se correlacione este ensayo con el

Valor Soporte, según norma VN-E6 68, después de realizar el ensayo de acuerdoal título 5.4 ap. 2, deberá efectuarse la corrección por material grueso de los resultados obtenidos, tal como se indica en el párrafo 5.7. Para tal fin es necesario determinar el peso específico del material en la condición de saturado ya superficie seca y la humedad de absorción del mismo.

d. Si el material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4") es superior al 15 % del peso total de la muestra y no se deba correlacionar este ensayo con el Valor

Soporte según Norma VN-E6-68 no se harán correcciones por la incidencia del material grueso, pero deberá tenerse la precaución, al verificar las densidades logradas en obra de aplicar la fórmula que se detalla en el ap. d) del título 5.8

Observaciones.

e. Únicamente en los casos en que se deba correlacionar este ensayo con el Valor

Soporte, según Norma VN-E6-68 el ensayo de Compactación se ejecutará con material que pase el tamiz IRAM 19 mm. (3/4"), compensando el material retenidopor este tamiz, por un mismo peso de materia comprendido entre el tamiz IRAM 19 mm. (3/4") y el tamiz IRAM 4,8 mm. (Nº 4). La granulometría del material corrector será la misma que la de la fracción contenida en el material a ensayar que pasa por criba de 3/4" y retiene el tamiz IRAM 4,75 mm. (Nº 4), teniendo en cuenta las cribas intermedias.

1. Cuando el porcentaje de material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4") sea inferior al 15 %, se compensará el material en su totalidad.

2. Cuando el porcentaje de material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4") sea superior al 15 %, se compensará hasta dicho porcentaje desechándose en la compensación el excedente.

A los efectos de la exigencia de compactación, este apartado no tendrá vigencia.

5.4- PROCEDIMIENTO

De acuerdo con las características del material a ensayar se presentan dos casos:

a. **Material "fino"**

Corresponde a suelos que cumplan con lo especificado en el ap. 5.3 (a).

Preparación de la muestra:

a. Para cada punto de la curva Humead-densidad se requieren aproximadamente 2500 gramos de material seco. Si se trata de suelo no muy plástico y sin partículas quebradizas puede usarse la misma muestra para todo el ensayo.

b. Se prepara material suficiente para seis puntos. El ensayo normal requiere cinco puntos, tres en la rama ascendente y dos en la descendente de la curva

Humedad-Densidad, pero eventualmente puede requerirse un sexto punto.

c. La porción de suelo destinada a un punto se distribuye uniformemente en el fondo de la bandeja (ap. 5.2-l).

Con la ayuda del dispositivo adecuado (ap. 5.2-k) se agrega el agua prevista para tal punto y con la espátula (ap. 5.2-n) se homogeniza bien.

NOTA:

Si el material a ensayar presenta dificultades para la homogeneización del agua incorporada, se preparan las seis porciones con contenidos de humedad crecientes, dedos en dos unidades aproximadamente.

Se mezclan los más homogéneamente posible y se dejan en ambiente húmedo durante 24 horas.

Compactación de la probeta

d. Se opera con el molde de 101,6 mm. de diámetro. La energía de compactación quedará determinada por el tipo de pisón, cantidad de capas y número de golpes por capa.

A continuación se dan las características de los distintos tipos de ensayos de compactación a realizar:

Ensayo	ϕ molde (mm)	P: Pesos piston (Kg)	h: Altura de caía (mm)	N: Numero de capas	n: Numero de golpes
I (T 99)	101,6	2,56	30,5	3	25
II (T 180)	101,6	4,53	45,7	5	25
III	101,6	2,5	30,5	3	35

e. Se verifican las constantes del molde: Peso del molde (Pm) sin collar pero con base y su volumen interior (V).

f. Cuando se considere que la humedad está uniformemente distribuida se arma el molde y se lo apoya sobre una base firme. Con una cuchara de almacenero, o cualquier otro elemento adecuado, se coloca dentro del molde una cantidad de material suelto que alcance una altura un poco mayor del tercio o del quinto de laaltura del molde con el collar de extensión, si se han de colocar tres o cinco capas respectivamente.

g. Con el pisón especificado (2,5 Kg. ó 4,54 Kg.) se aplica el número de golpes previstos (25, 35, 56, etc.) uniformemente distribuidos sobre la superficie del suelo.

Para esto debe cuidarse que la camisa guía del pisón apoye siempre sobre la cara interior del molde, se mantenga bien vertical y se la desplace después de cada golpe de manera tal, que al término del número de golpes a aplicar, se haya recorrido varias veces la superficie total del suelo.

h. Se repite la operación indicada en el párrafo anterior las veces que sea necesaria para completar la cantidad de capas previstas, poniendo en tal caso, la cantidad de suelo necesaria para que, al terminar de compactar la última capa, el molde cilíndrico quede lleno y con un ligero exceso, 5 a 10 mm. En caso contrario, deberepetirse íntegramente el proceso de compactación.

i. Se retira con cuidado el collar de extensión. Con una regla metálica, puede servir de espátula, ap. 5.2 (g), se limpia el exceso de material. Se limpia exteriormente el molde con un pincel y se pesa (Ph).

j. Se saca la probeta del molde, con el extractor de probetas si se dispone de él, o mediante la cuchilla o espátula, en caso contrario. Se toma una porción de suelo que sea promedio de todas las capas, se coloca en un pesa filtro y se pesa. Se seca en estufa a 100-105º C, hasta peso constante, para efectuar la determinación de humedad.

k. Se repiten las operaciones indicadas en los párrafos anteriores, ap (f) a (j), con cada una de las porciones de muestra preparadas para los otros puntos.

Si se opera con una sola porción, estas operaciones se repiten luego de haber desmenuzado cuidadosamente el material sobrante e incorporado un 2% de agua más, aproximadamente, para cada uno de los puntos a determinar.

l. Se da por finalizado el ensayo cuando se tiene la certeza de tener dos puntos de descenso en la curva Humedad-Densidad.

a. **Material granular**

Corresponde a suelos que cumplan con las características granulométricas indicadas en el párrafo 5 -3 (b).

Preparación de la muestra:

a. Para cada punto de la curva Humedad - Densidad, se requieren alrededor de 6000 gamos de material seco.

b. Igual que en el caso de suelos finos se requieren 5 puntos y se prevé la eventualidad de un 6º punto. Por lo tanto, se preparan 36 Kg. de material y porcuidadoso cuarteo se lo divide en seis porciones para otros tantos puntos.

Compactación de la probeta

c. Se opera con el molde de 152,4 mm. de diámetro. Previa verificación de sus constantes, se lo coloca sobre una base firme y se realizan las operaciones indicadas en los párrafos (f) a (l) del título anterior 5.4 - (1), con la salvedad de que: Los huecos que quedan al ser arrancadas las piedras emergentes, al enrasar la cara superior de la probeta, deben ser rellenados con material fino y compactados con una espátula rígida.

La humedad de cada punto se determina de acuerdo al párrafo (j), sobre una cantidad de material no menor de 1000 gramos y secándolo en bandeja (Ap. 5.2 -

m). En el siguiente cuadro, se dan las características de los distintos tipos de ensayo de compactación a realizar:

IV (T99)	152,4	2,5	30,5	3	56
V (T180)	152,4	4,53	45,7	5	56

5.5- CÁLCULOS Y RESULTADOS

Para cada contenido de humedad de la probeta, determinado en la forma indicada en los párrafos precedentes, se calculan:

a. La densidad húmeda (Dh) del suelo compactado, aplicando la fórmula:

$$Dh = \frac{Ph - Pm}{V}$$

Donde:

P h = Peso del molde con el material compactado húmedo.

P m = Peso del molde.

V = Volumen interior del molde.

b. La densidad seca (Ds), que se obtiene mediante la fórmula:

$$Ds = \frac{Dhx100}{100 + H\%}$$

Donde:

D h = Densidad húmeda.

H = Humedad, en %, del material compactado.

TRAZADO DE LA CURVA HUMEDAD DENSIDAD

c. En un sistema de ejes rectangulares se llevan en abscisas, los valores de la humedad porcentual, y en ordenadas los de la densidad seca.

d. Los puntos así obtenidos se unen por un trazo continuo obteniéndose de este modo una curva que va ascendiendo con respecto a la densidad, pasa por un máximo y luego desciende.

e. El punto máximo de la curva así obtenida indica, en ordenadas, la densidadmáxima (Ds) que puede lograrse con la energía de compactación empleada y en abscisas la humedad óptima (H) que se requiere para alcanzar aquella densidad.

5.6- PLANILLAS Y CURVAS

a. La marcha del ensayo se lleva anotada en una planilla similar al modelo que se adjunta.

b. El trazado de la curva Humedad-Densidad se realiza en el cuadriculado que se encuentra al pie de la planilla, adoptando las escalas que sean más convenientes en cada caso.

5.7- INCIDENCIA DEL MATERIAL GRUESO

Cuando, conforme a lo indicado en ap. 5.3 (c), en la muestra ensayada se tuvo hasta el 15 % de material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4"), se determina la incidenciadel material de tamaño mayor que este último tamiz, utilizando las fórmulas que seindican a continuación:

a. Humedad óptima corregida

Se la calcula con la siguiente fórmula:

$$Hc = \frac{(GxHa) + (FxH)}{100}$$

Dónde:

H c = Humedad óptima corregida.

G = Porcentaje de material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4").

Ha = Porcentaje de humedad absorbida por el material, en condición de saturado y a superficie seca, retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4").

F = Porcentaje de material que pasa por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4").

H = Humedad óptima resultante para el material que pasa por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4"), expresada en por ciento.

b. Densidad máxima corregida

Se la obtiene reemplazando valores en la siguiente fórmula:

Dónde:

$$Dmc = \frac{100}{\frac{G}{dg} + \frac{F}{Ds}}$$

Dónde:

D mc = Densidad máxima corregida.

G = Porcentaje de material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4").

F = Porcentaje de material que pasa el tamiz IRAM 19 mm. (3/4").

d g = Peso específico del material, en condición de saturado y a superficie seca, retenido en el tamiz IRAM 19 mm.(3/4").

D s = Densidad seca máxima obtenida en el ensayo de compactación ejecutado con el material librado por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4").

NOTA:

Los valores obtenidos con la fórmula dada en el ap. 5.7(b) tienen tendencia a ser mayores que los reales. La diferencia es pequeña para valores de G hasta 15%.

5.8- OBSERVACIONES

a. La introducción de las variantes con que es posible ejecutar el ensayo de compactación: tamaño del molde, número de capas, cantidad de golpes por cada y peso total del pisón, se justifica en ciertos casos, por la naturaleza de los suelos a utilizar, las características de la obra a ejecutar o la capacidad de los equipos que se prevé emplear.

b. Para la fijación de la humedad del primer punto del ensayo juega un papel muy importante la experiencia del operador. En ausencia de ésta, puede servir de referencia el valor del límite plástico. En general, el valor de la humedad óptima es algo inferior al límite plástico y atento a que deben conseguirse tres puntos en la rama ascendente de la curva Humedad – densidad, resulta relativamente fácil dar un valor aproximado a la humedad que debe tener el suelo en ese primer punto.

c. En laboratorios importantes, donde se ejecute un gran número de ensayos se recomienda emplear el aparato mecánico de compactación.

d. Cuando se apliquen los resultados del ensayo de compactación a materiales granulares que tengan un porcentaje mayor del 15 % retenido sobre el tamiz IRAM 19 mm., no se efectuarán correcciones por la incidencia de material grueso(ver ap. 5.3-d), y se deberá aplicar al controlar las densidades logradas en obra,la siguiente fórmula:

$$Dsc = \frac{Pt - Or}{Vt - Vr}$$

Siendo:

$$Vr = \frac{Pr}{Vg}$$

Dónde:

D sc = Densidad seca corregida.

P t = Peso total de la muestra extraída del pozo.

P r = Peso del material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4").

V r = Volumen ocupado por el material retenido por el tamiz IRAM 19 mm.(3/4").

V t = Volumen total del pozo.

d g = Peso específico del material, en condición de saturado y a superficie seca, retenido en el tamiz IRAM 19 mm. (3/4").

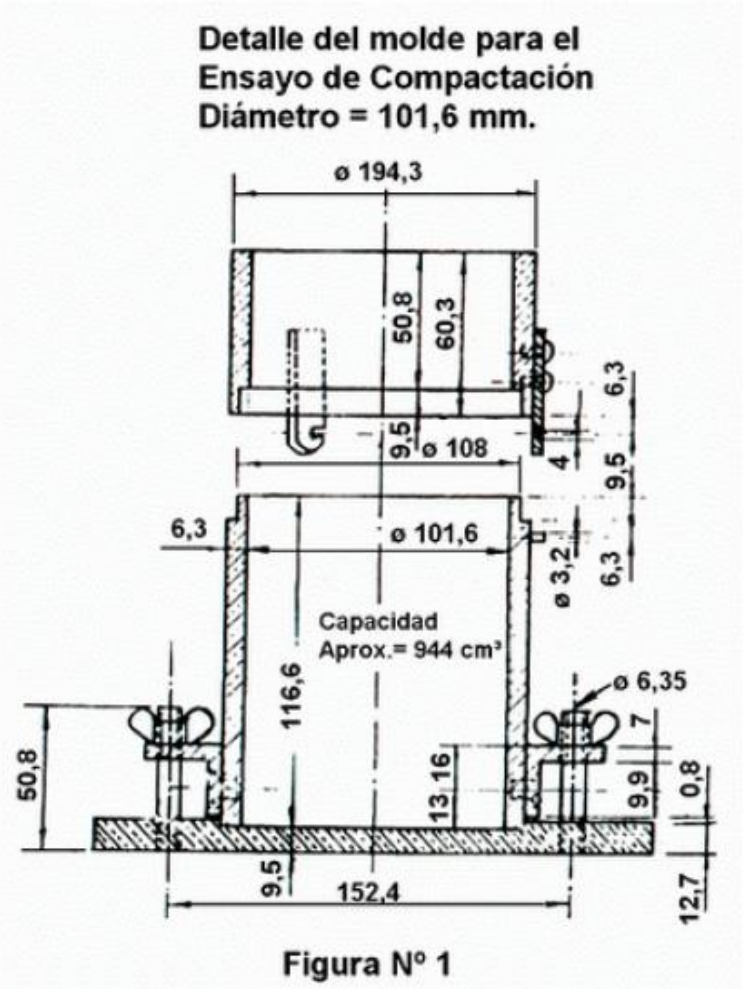


Figura N° 1

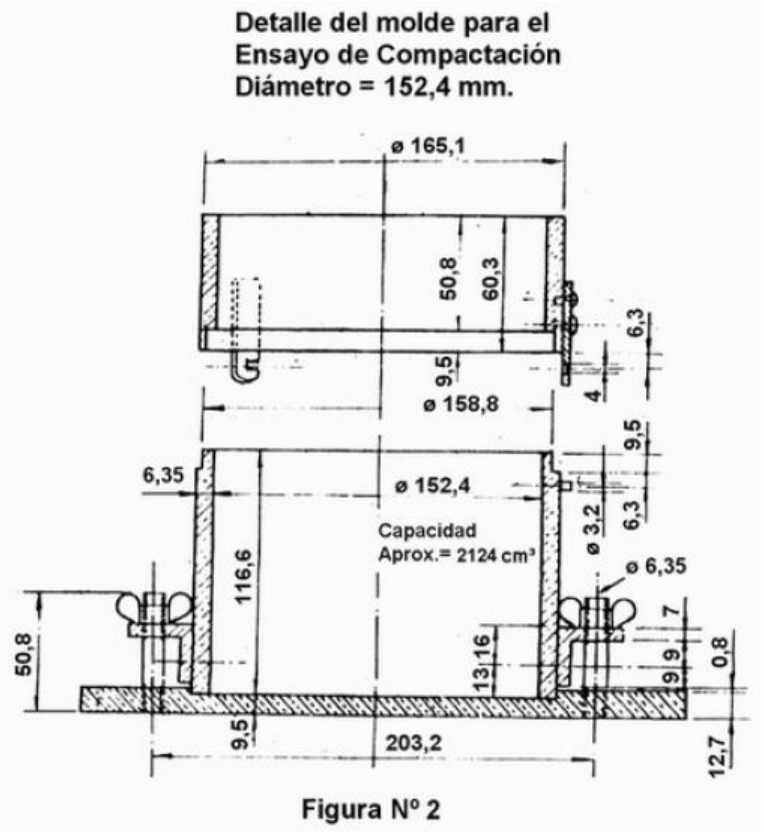


Figura N° 2

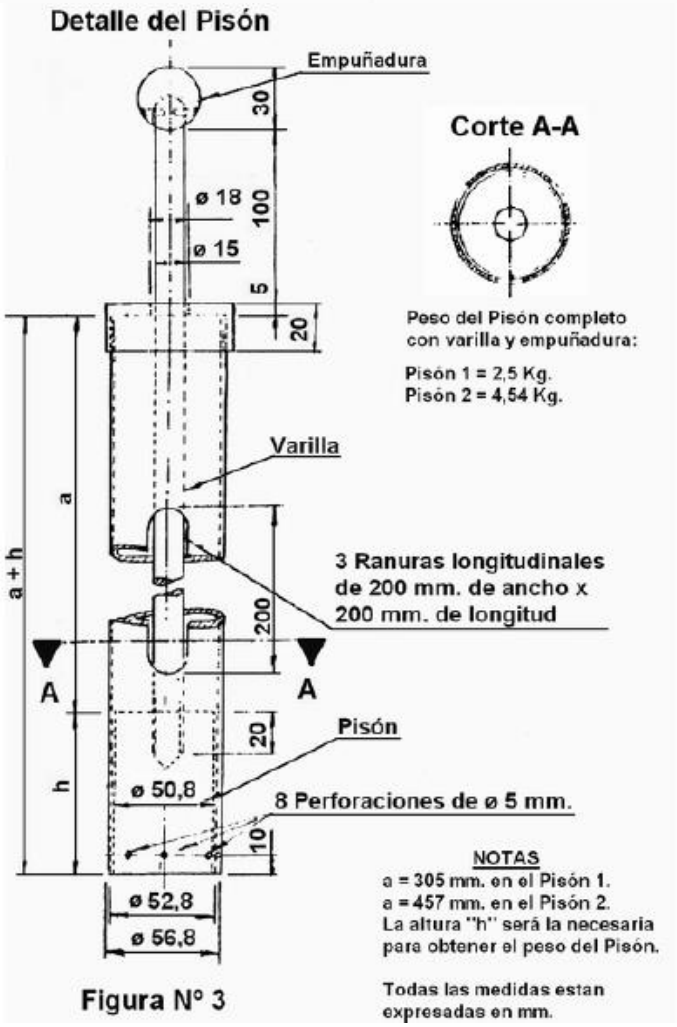


Figura N° 3

NORMA DE ENSAYO (VN - E6 – 84)
DETERMINACIÓN DEL VALOR SOPORTE E
HINCHAMIENTO DE SUELOS

6.1- OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para conocer el "valor soporte relativo" de un suelo y determinar su hinchamiento.

a. Valor Soporte Relativo (V.S.R.) de un suelo es la resistencia que ofrece al punzado una probeta del mismo, moldeada bajo ciertas condiciones de densificación y humedad, y ensayada bajo condiciones preestablecidas. Se la expresa como porcentaje respecto de la resistencia de un suelo tipo tomado como patrón.

b. Hinchamiento es el aumento porcentual de altura, referido a la altura inicial, que experimente una probeta de suelo cuando la humedad de la misma aumenta por inmersión, desde la humedad inicial de compactación hasta la alcanzada por la probeta al término del periodo de inmersión.

6. II – ENSAYO PREVIO A EFECTUAR

De acuerdo a la norma de ensayo VN-E5-67 "Compactación de suelo" determinar la densidad seca máxima y humedad óptima correspondiente, empleando la energía decompactación adoptada en el proyecto de la obra para la cual se efectuarán las determinaciones.

6. III – MÉTODOS DE ENSAYO

Se considera cuatro posibles variantes para efectuar este ensayo

1º Método estático a carga fija preestablecida.

2º Método estático a densidad prefijada.

3º Método dinámico Nº 1 (simplificado).

4º Método dinámico Nº 2 (completo).

6. VI- METODO DINAMICO Nº 1 (SIMPLIFICADO)

6. VI-1. APARATOS

a. Moldes de compactación cilíndricos de acero tratados superficialmente para volverlos inoxidables de las características y dimensiones indicadas en la figura Nº 11.

b. Compactador mecánico: con pisones de 4,54 Kg. de peso, con un mecanismo que permita regular su caída libre en 45,7 cm. y 30,5 cm. y dar a la base un desplazamiento angular entre 40º y 45º por golpe.

c. Trípode: de material inoxidable con dial extensométrico de 0,01 mm. de precisión para medir variaciones de altura de características y dimensiones indicadas en la figura Nº 6.

d. Prensa de penetración: con pistón de penetración de 49,63 mm. de diámetro, de accionamiento mecánico, comando manual, que permita lograr una velocidad de avance del pistón de 1,27 mm./minuto.

e. Aros dinamométricos: de 500; 1000; 3000 y 5000 Kg. respectivamente con sus diales extensométricos de 0,01 mm. de precisión mínima.

f. Disco espaciador: de 61,2 mm. de espesor y con un diámetro de 15,24 cm. Para obtener una altura de probeta de 11,66 cm. en todos los casos. Ver figura Nº 12.

g. Platos perforados: con vástago de altura regulable y peso adicional, todo de material inoxidable, con un peso total de 4,54 kg. y de dimensiones dadas en las figuras Nº 2 y figura Nº 3 (uno por molde).

h. Pesas adicionales para henchimientos: seis pesas por molde, de 2,27 Kg. Cada una de material inoxidable y de dimensiones indicadas en la figura Nº 4.

i. Pesas de penetración: deberá proveerse un juego por prensa y consiste en: una pesa de 4,54 g. y seis pesas de 2,27 Kg. cada una de dimensiones indicadas enla figura Nº 5.

j. Dial extensométrico de 25 mm. de carrera de precisión mínima de 0,01 mm. montado sobre un soporte que será fijado al pistón de penetración (Ver figura Nº9).

k. Elementos varios de uso corriente: Estufa regulable a 105 - 110º C, balanza de 20Kg. sensible al gramo; bandeja para mezclar el material, llanas, regla de 20 cm. de longitud para enrasar, espátulas, probetas, rociadores cronómetros, etc.

6. VI-2. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

El método que se describe a continuación es para cuando se especifica en obra el 95% o el 98 % de la densidad del ensayo de compactación, realizado con 5 capas y pisón de 4,5 Kg., altura de caída 45,7 cm. y 56 golpes por capa.

Cuando se especifique el 100 % de la densidad de este ensayo o de cualquier otro, se moldearán solo dos probetas con la humedad óptima correspondiente.

El suelo no contiene partículas de tamaño superior a 19 mm. (3/4").

a. Se secan alrededor de 40 Kg. de suelo, hasta que éste se convierte en friable bajo la acción de una llana o espátula.

El secado podrá realizarse al aire o en estufa, pero siempre que la temperatura no exceda los 60º C.

b. Se desmenuza la muestra evitando reducir el tamaño de las partículas individuales.

c. Se mezcla bien el suelo y por cuarteo se separan 6 porciones de aproximadamente 6 Kg. cada una.

d. Se agrega agua hasta llevarla a la humedad óptima previamente determinada de acuerdo al ensayo VN-E5-67. Se amasa cuidadosamente la muestra para obtener humedad homogénea.

La muestra se encuentra lista para ser compactada. De la misma forma se preparan otras cinco muestras.

El suelo contiene partículas mayores de 19 mm. (3/4")

e. Se tratan alrededor de 80 Kg. de acuerdo a lo especificado en los párrafos anteriores (a) y (b).

f. Se pasa la muestra por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4") y lo retenido en el mismo se sustituye por igual cantidad (en peso) de material que pasa por dicho tamiz IRAM19 mm. (3/4") y sea retenido por el de 4,8 mm. (Nº 4) hasta un máximo del 15 % tal como se indica en 5.3-e de la norma VN-E5-67.

g. Se mezclan bien estos materiales y se preparan por cuarteo seis muestras de 6 kilogramos aproximadamente.

h. Se agrega agua hasta llevarla a la humedad óptima previamente determinada de acuerdo al ensayo VN-E5-67. Se amasa cuidadosamente la muestra para obtener humedad homogénea.

La muestra se encuentra lista para ser compactada. De la misma manera se preparan otras cinco muestras.

i. Los apartados IV.2-b); V.2-a); VI.2-f) y VII.2-b) quedan modificados en el sentido de que, la compactación del material retenido en el tamiz IRAM 19 mm. (3/4") serealizará como se indica en los apartados 5.3-c) y 5.3-d) en la Norma VN-E5-67.

Especificación complementaria.

6. VI-3. COMPACTACIÓN DE LA MUESTRA

a. Pesar 6 moldes vacíos, con sus collares de extensión y placas de base.

b. Se coloca el disco espaciador en el molde y se compacta la primera muestra encinco capas con 56 golpes por capa. La segunda muestra se compacta con

igualnúmero de capas pero con 25 golpes por capa y la tercera también en cinco capas y 12 golpes por capa. Se preparan dos probetas para cada condición.

Si se exige el 100 % de la densidad del ensayo de compactación mencionado en VI.2 o de cualquier otro ensayo, se moldearán dos probetas en esa condición.

c. Se determina la humedad de cada probeta sacando una muestra representativa del suelo, (no menor de 40 gr. en los suelos finos y mayor de 1000 gr. en los granulares), antes de la compactación y otra del material sobrante una vez terminada la misma. La humedad de ambas muestras no deberán diferir = 0,5 de la óptima del respectivo ensayo de compactación.

De no cumplirse este requisito deberá repetirse el ensayo. Mientras se efectúe la compactación de la probeta, la bandeja que contiene la muestra de suelo deberá cubrirse con un paño húmedo a los efectos de evitar la evaporación de la humedad.

d. Quitar el collar de extensión y enrasar la muestra con una regla metálica recortándola a ras del borde. En el caso de materiales granulares los huecos que quedan al ser arrancadas las piedras emergentes, deben ser rellenados con material fino y compactadas con una espátula rígida.

e. Colocar un papel de filtro sobre la cara enrasada. Aflojar la base, retirar el disco espaciador, dar vuelta el molde de manera que la parte superior quede abajo.

Fijar de nuevo la base, colocar un papel de filtro en la cara ahora superior, ajustar el collar de extensión y pesar todo el conjunto. La muestra se encuentra lista para el ensayo de hinchamiento.

6. VI-4. DETERMINACIÓN DEL HINCHAMIENTO.

Se procederá en forma similar a la indicada para el método estático.

Ver título IV- 4 (ap. c al ap. h).

6. VI-5. ENSAYO DE PENETRACIÓN.

Se procederá en forma similar a la detallada en el método estático. Ver título IV.4 (ap. i al ap. l)

6. VI-6. RESULTADOS:

Cálculo del hinchamiento

El hinchamiento se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$Hinchamiento = \frac{hnx100}{11.6}$$

hn = Lectura del hinchamiento en el último día de inmersión (en cm.)

11,66 = Altura de la probeta

Cálculo del Valor Soporte:

Se procede de acuerdo a lo detallado para el método estático.

Ver título VI.5 desde ap. (a) al ap. (k) inclusive.

1. En el caso que se especifique el 95 % o el 98 % de la densidad del ensayo de compactación realizado con pisón de 4,54 Kg., caída de 45,7 cm., 5 capas y 56 golpes por capa se lleva, en un sistema de ejes rectangulares, sobre las abscisas los valores de V.S.R. de las probetas ensayadas y compactadas con 12 golpes, 25 golpes y 56 golpes por cada capa respectivamente y sobre las ordenadas los valores de las densidades de cadauna de ellas.

Uniendo por un trazo continuo los puntos así determinados se obtiene un diagrama como el representado en la figura 13.

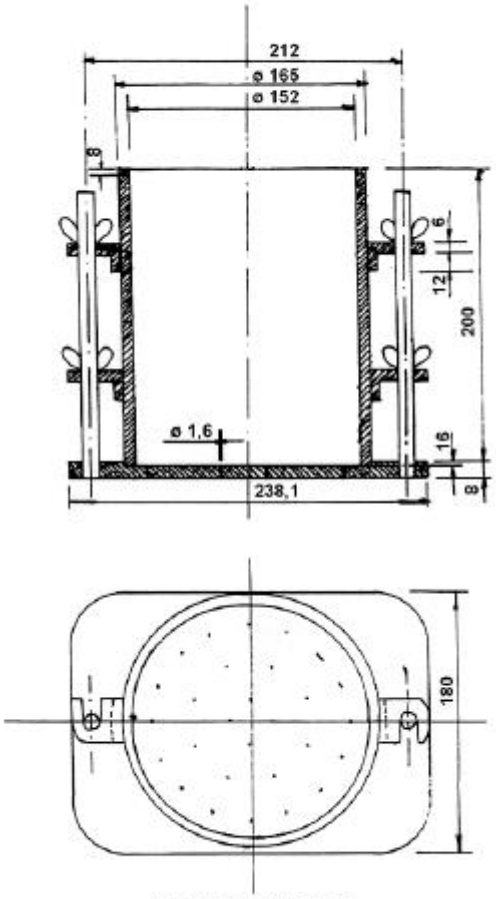
Entrando con el 95 % o el 98 % de la densidad máxima del ensayo de compactación, se intercepta a la curva y bajando una perpendicular desde el punto de intersección, donde ésta corta el eje de las abscisas se obtiene un valor de V.S.R. Este valor deberá ser mayor o igual que el especificado.

6. VI-7. OBSERVACIONES

Ver el título IV.7 ap. (a) al ap. (f) inclusive.

Figura N° 1

MOLDE PARA LA DETERMINACION DEL VALOR SOPORTE



BASE PERFORADA.
EN CADA LABORATORIO SE DEBERA CONTAR CON UNA BASE SIN PERFORACIONES.

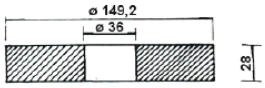


Figura N° 3

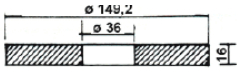
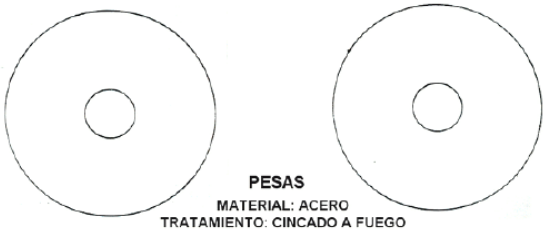


Figura N° 4



PESAS
MATERIAL: ACERO
TRATAMIENTO: CINCADO A FUEGO
(NORMA IRAM Nº 252)

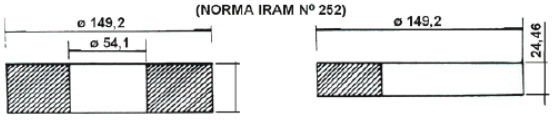


Figura N° 5

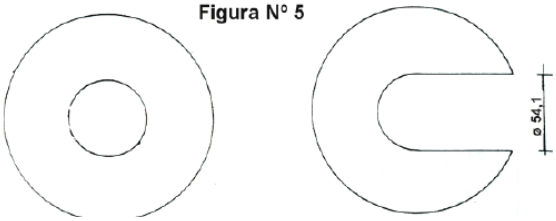


Figura N° 6

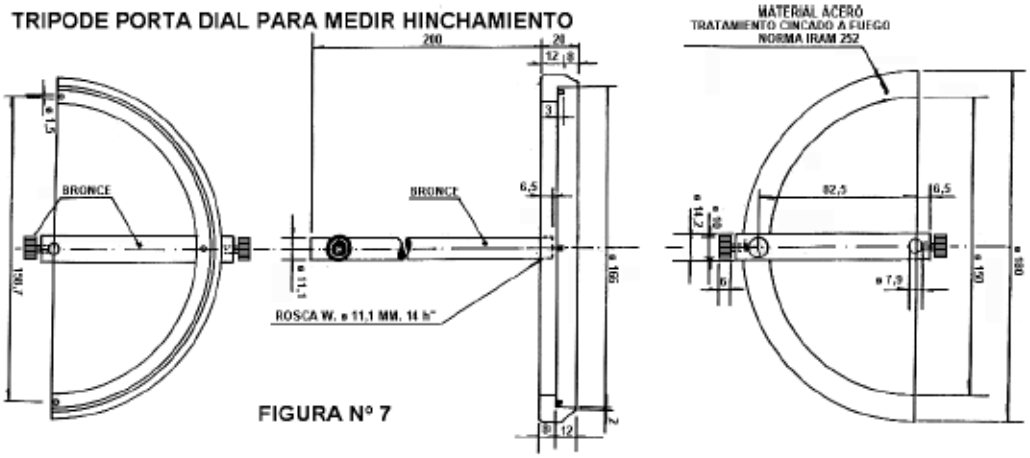
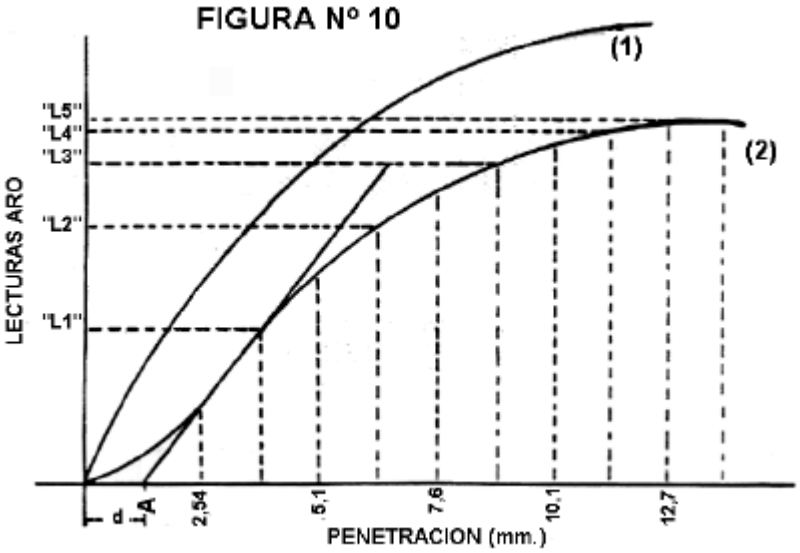
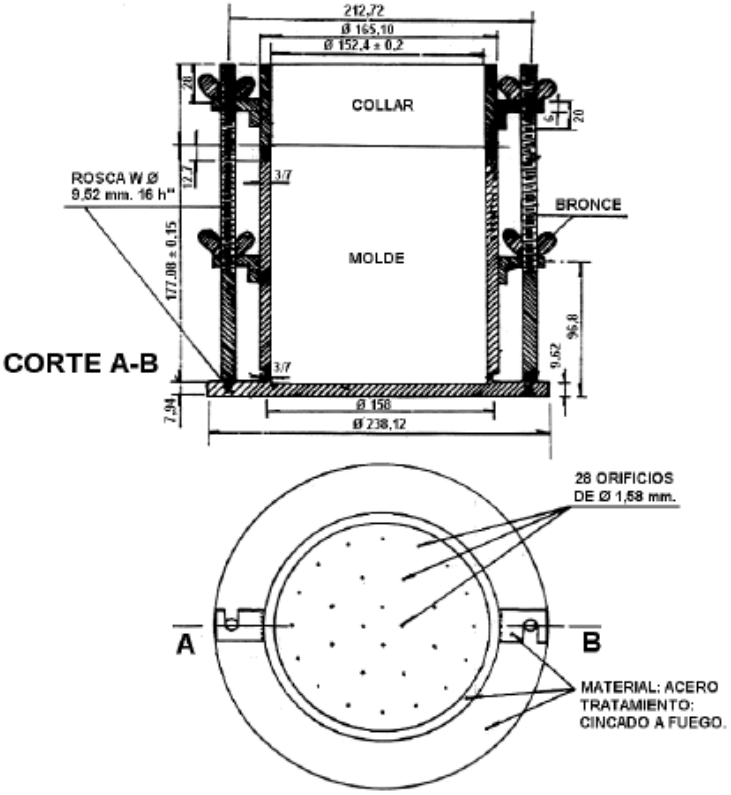


FIGURA N° 7




212,72
Ø 165,10
Ø 152,4 ± 0,2
COLLAR
MOLDE
ROSCA W Ø
9,52 mm. 16 h"
BRONCE
CORTE A-B
177,08 ± 0,15
96,8
9,52
7,94
Ø 158
Ø 238,12
28 ORIFICIOS
DE Ø 1,58 mm.
A
B
MATERIAL: ACERO
TRATAMIENTO:
CINCADO A FUEGO.

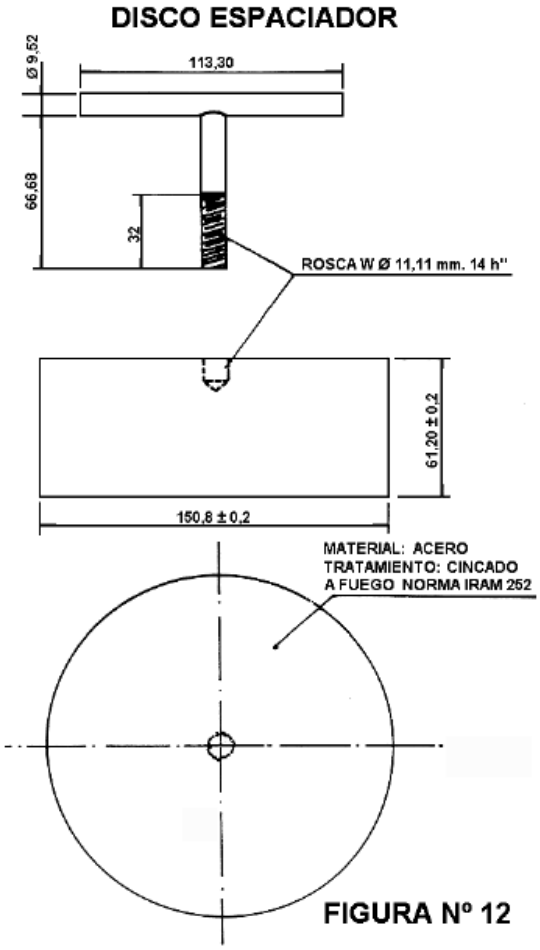
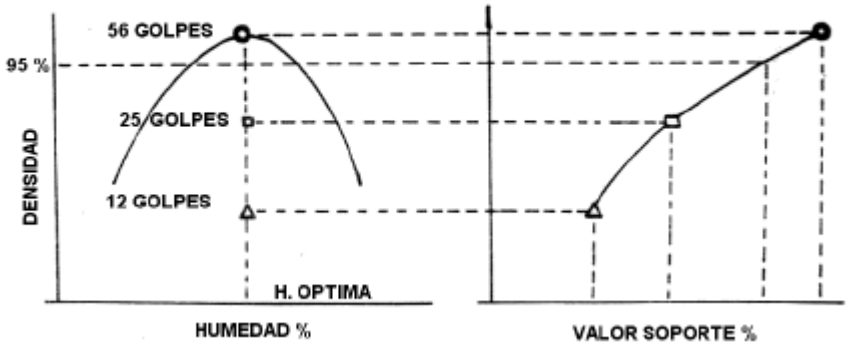

DISCO ESPACIADOR
Ø 9,52
113,30
66,68
32
ROSCA W Ø 11,11 mm. 14 h"
61,20 ± 0,2
150,8 ± 0,2
MATERIAL: ACERO
TRATAMIENTO: CINCADO
A FUEGO NORMA IRAM 252

FIGURA Nº 12

FIGURA Nº 13



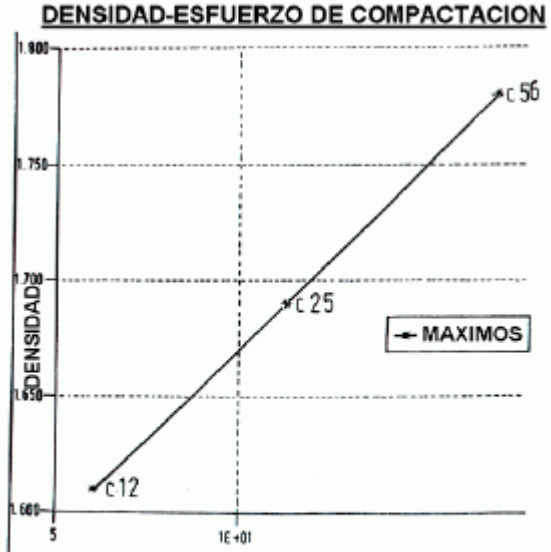


FIGURA 1 ESFUERZOS DE COMPACTACION

SUELO LL= 36%
IP= 13%

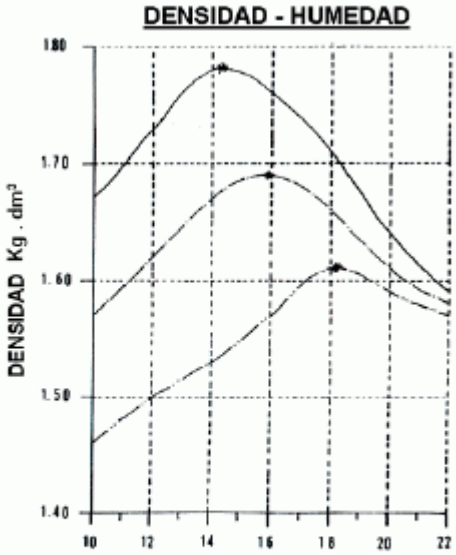
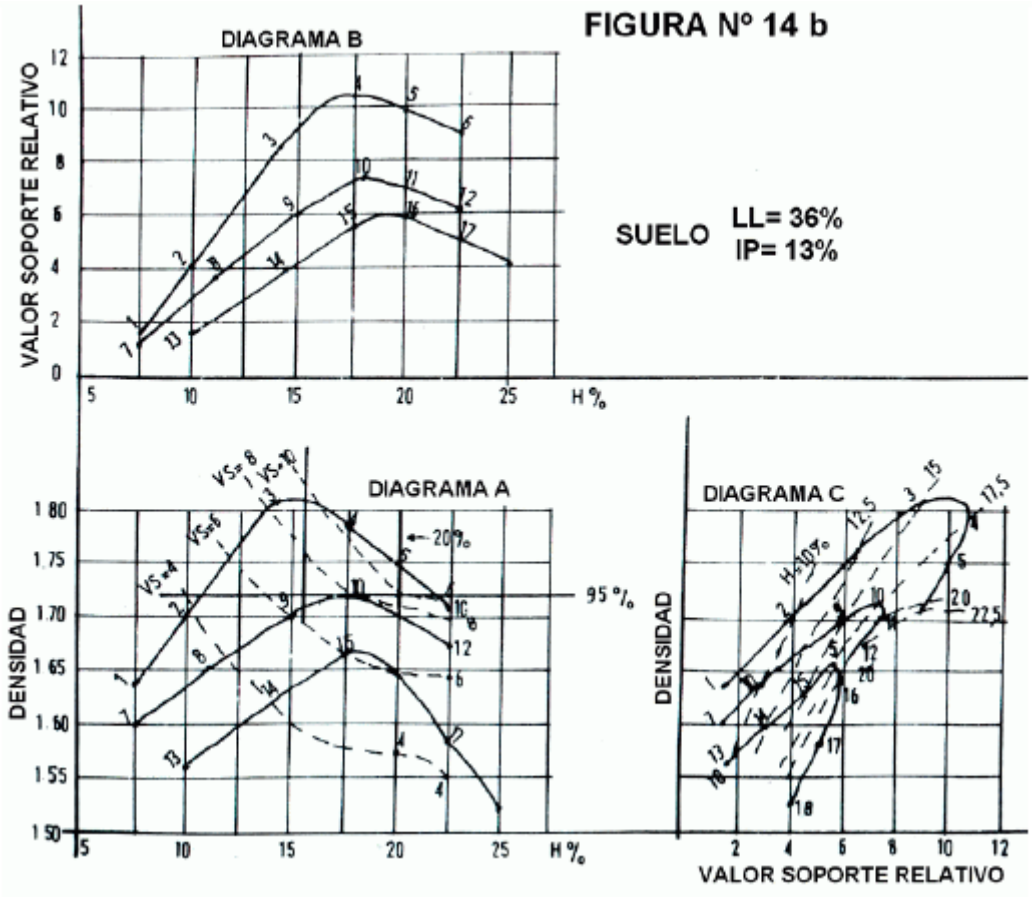


FIGURA Nº 2 HUMEDAD %

SUELO LL= 36%
IP= 13%

——	c. 56
—·—	c. 25
— —	c. 12

FIGURA Nº 14 a



NORMA DE ENSAYO VN - E30 – 68
"ESTABILIDAD Y FLUENCIA MARSHALL DE MEZCLAS DE 10 % DE AGREGADO MAYOR DE 25.4 mm."

30-1. OBJETO
Esta norma detalla el procedimiento a seguir para la determinación de la estabilidad y la fluencia de mezclas asfálticas por el Método Marshall cuando el agregado pétreo posee más del 10 % de material mayor de 25,4 mm. (1 pulgada).
Cuando el retenido de la criba de 25,4 mm. (1") no sea mayor del 10 % de material mayor de 25,4 mm. (1 pulgada).
Cuando el retenido de la criba de 25,4 mm. (1") no sea mayor del 10 % se aplicará la Norma Provisoria Nº 9. Salvo las indicaciones señaladas en esta norma rige lo establecido en la Norma Provisoria Nº 9.

30-2. APARATOS:
Los aparatos y demás elementos son los especificados en la Norma Provisoria Nº 9.-

30-3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:
Se seguirá el procedimiento indicado en el apartado 9 - 3 de la Norma Provisoria Nº 9,con la salvedad que el fraccionamiento del agregado indicado en el párrafo 9-3-4 comenzará con las siguientes fracciones: Pasa 2 " Retiene 1½"Pasa ½" Retiene 1 "Se calcula la cantidad de mezcla a emplear siguiendo las indicaciones señaladas en los apartados 9-3-5 y 9-3-6 pero teniendo en cuenta que si bien en la preparación de pastón se utiliza el material con la gradación total, en la compactación de la probeta solo se emplea la fracción del pastón que pasa el Tamiz IRAM 25,4 mm. (1").

30-4. PROCEDIMIENTO:

30-4-1. PREPARACIÓN DEL PASTÓN:

Seguirá el procedimiento indicado en el apartado 9-4-1 con las acotaciones siguientes: Mezclar la gradación total de agregados (incluyendo la fracción mayor de 25,4 mm.) con el contenido de asfalto seleccionado para el ensayo.-

30-4-2 MOLDEO DE LA PROBETA:

Tamizar por el Tamiz IRAM 25,4 mm. (1") el pastón mezclado en caliente. Desechar la fracción mayor de 25,4 mm. y proceder al moldeo de la probeta con el material menor de 25,4 mm. de acuerdo a las indicaciones del apartado 9-4-2 y respetando las exigencias en cuanto a la temperatura establecidas en los párrafos 9-4-1-6 a 9-4-1-9.

30-4-3. EJECUCIÓN DEL ENSAYO:

Rige lo establecido en el apartado 9-4-3.-

30-5. CÁLCULOS

30-5-1. ESTABILIDAD Y FLUENCIA:

Se utilizarán los valores de Estabilidad y Fluencia obtenidos de las probetas compactadas según se ha indicado.

30-5-2. DENSIDAD CORREGIDA:

Se calculará la densidad corregida, utilizando el peso específico del agregado seco mayor de 25,4 mm. (1") según la Norma de Ensayo VN-E13-67 y la densidad de la probeta compactada, determinada según la Norma de Ensayo VN-E12-67, mediante la fórmula siguiente:

$$Densidad\ corregida\ dc = \frac{100}{\frac{A}{C} + \frac{B}{D}} + 0.995$$

Dónde:

A = Material seco mayor de 25,4 mm. (1") (Previamente determinado) expresado como % del peso total del pastón. El peso total del pastón incluye asfalto más agregado pétreo.

B = Fracción total del pastón que resta luego de eliminar el material seco mayor de 25,4 mm. (1") o sea, 100 % - A %.

C = Peso específico del agregado seco mayor de 25,4 mm. (1").

D = Densidad de la probeta compactada con material del cual se ha extraído la fracción mayor de 25,4 mm. (1") - 0,995 factor empírico.

30 – 5 - 3 DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA

Se calcula por la fórmula siguiente:

$$CMT = \frac{100}{\frac{P1}{G1} + \frac{P2}{G2} + \frac{F}{GF} + \frac{C.A}{Gca}}$$

Dónde:

P1 = Porcentaje en peso del agregado pétreo total mayor de 4,8 mm. (Tamiz Nº 4).

P2 = Porcentaje en peso del agregado pétreo total menor de 4,8 mm. (Tamiz Nº 4).

F = Porcentaje en peso del relleno mineral.

C.A.= Porcentaje en peso del cemento asfáltico.

G1 G2 = Peso específico aparente de las fracciones gruesa y fina del agregado pétreo total (Tamiz Nº 4)

GF = Peso específico aparente del relleno mineral.

GCA = Peso específico del cemento asfáltico.

30-5-4. VACÍOS DE LA MEZCLA COMPACTADA

Se calculará por la fórmula siguiente:

$$V = 100\left(1 - \frac{de}{Dt}\right)$$

de = densidad corregida de la probeta compactada.
DT = densidad máxima teórica.

30- 5- 5 VACIOS DEL AGREGADO MINERAL:

Se calculará por la fórmula siguiente:
VAM = V + (dc x % CA)
Dónde:
V = Vacíos de la mezcla compactada.
dc = Densidad corregida de la probeta compactada
% CA = Porcentaje en peso de C.A que interviene en la mezcla.

30- 5- 6 RELACION BETUN – VACIOS

Se calcula por la fórmula siguiente:

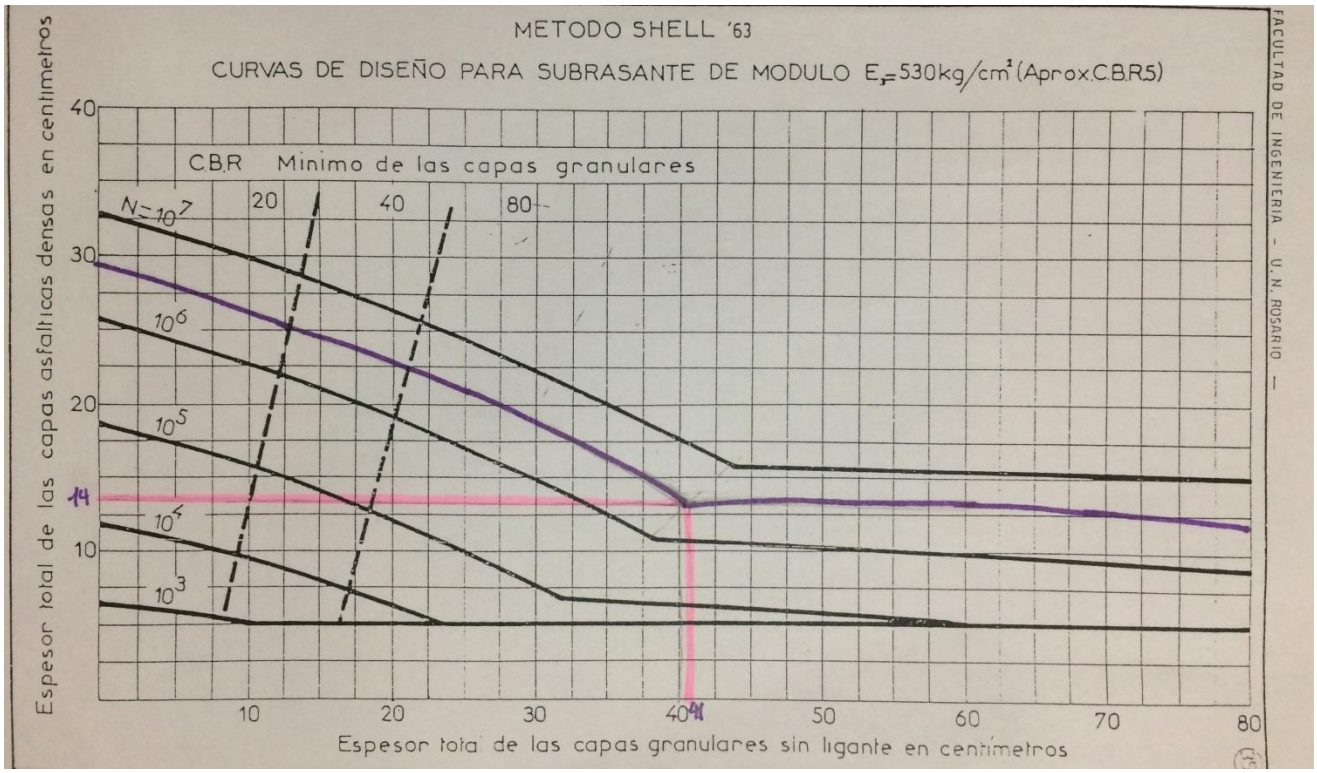
$$REV = \frac{100xdcx\%CA}{VAM}$$

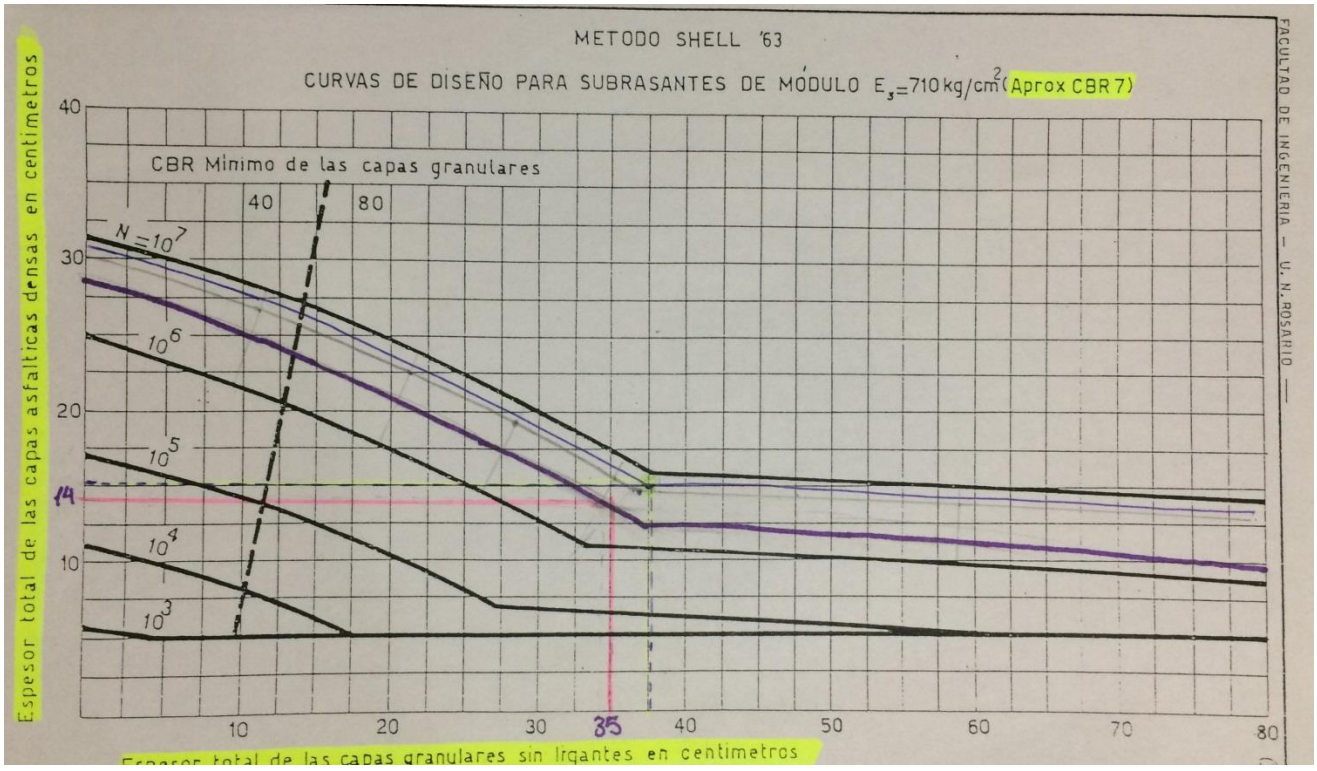
Todos los términos de esta ecuación son conocidos.

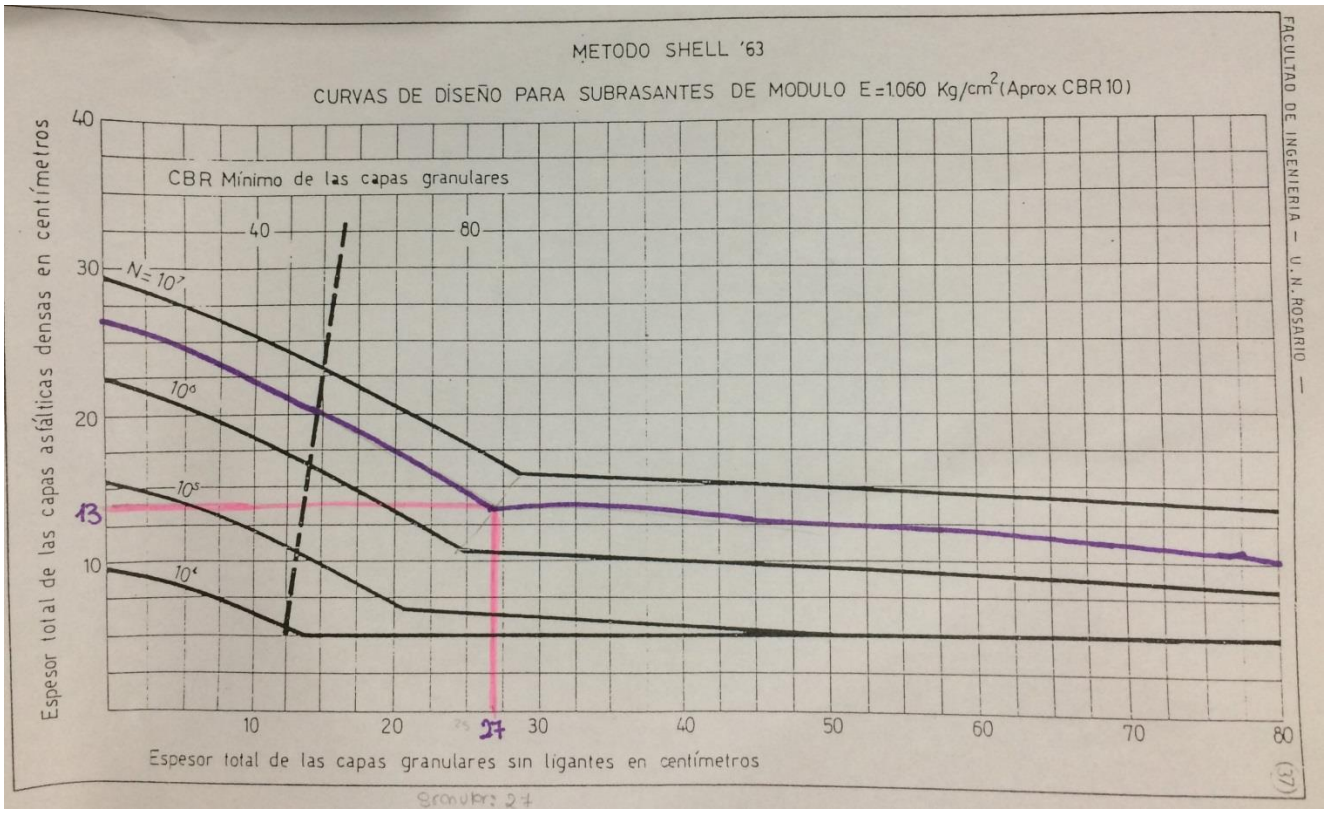
30- 6 OBSERVACIONES

Para la determinación de los pesos específicos aparentes de las fracciones gruesas y finas del agregado pétreo total, se mezclarán los distintos materiales en los porcentajes establecidos y luego la mezcla de áridos sin relleno mineral se tamizará por el Tamiz IRAM 4,8 mm. (Nº 4) procediéndose luego de acuerdo a las Normas de Ensayo VN-E13-67 y VN-E14-67.

Anexo XII: tablas método Shell


METODO SHELL '63
CURVAS DE DISEÑO PARA SUBRASANTE DE MODULO E_s=530kg/cm² (Aprox.C.B.R.5)
C.B.R Minimo de las capas granulares
20
40
80
N=10⁷
10⁶
10⁵
10⁴
10³
14
41
Espesor total de las capas asfalticas densas en centimetros
Espesor total de las capas granulares sin ligante en centimetros
FACULTAD DE INGENIERIA - U. N. ROSARIO


METODO SHELL '63
CURVAS DE DISEÑO PARA SUBRASANTES DE MÓDULO E_s=710kg/cm² (Aprox CBR 7)
CBR Mínimo de las capas granulares
40
80
N=10⁷
10⁶
10⁵
10⁴
10³
14
35
Espesor total de las capas asfalticas densas en centimetros
Espesor total de las capas granulares sin ligantes en centimetros
FACULTAD DE INGENIERIA - U. N. ROSARIO


METODO SHELL '63
CURVAS DE DISEÑO PARA SUBRASANTES DE MODULO E=1.060 Kg/cm2 (Aprox CBR 10)
CBR Mínimo de las capas granulares
40
80
N=10^7
10^6
10^5
10^4
13
27
Espesor total de las capas asfálticas densas en centímetros
Espesor total de las capas granulares sin ligantes en centímetros
FACULTAD DE INGENIERIA — U.N. ROSARIO —
(37)

Anexo XIII: Tablas LEFS

Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes SIMPLES, pt=2,00

Carga / eje (kips)	SN					
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
2	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
4	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002
6	0,009	0,012	0,011	0,01	0,009	0,009
8	0,03	0,035	0,036	0,033	0,031	0,029
10	0,075	0,085	0,09	0,085	0,79	0,076
12	0,165	0,177	0,189	0,183	0,174	0,168
14	0,325	0,338	0,354	0,35	0,338	0,331
16	0,589	0,598	0,613	0,612	0,603	0,596
18	1	1	1	1	1	1
20	1,61	1,59	1,56	1,55	1,57	1,59
22	2,49	2,44	2,35	2,31	2,35	2,41
24	3,71	3,62	3,43	3,33	3,4	3,51
26	5,36	5,21	4,88	4,68	4,77	4,96
28	7,54	7,31	6,78	6,42	6,52	6,83
30	10,4	10	9,2	8,6	8,7	9,2
32	14	13,5	12,4	11,5	11,5	12,1
34	18,5	17,9	16,3	15	14,9	15,6
36	24,2	23,3	21,2	19,3	19	19,9
38	31,1	29,9	27,1	24,6	24	25,1
40	39,6	38	34,3	30,9	30	31,2
42	49,7	47,7	43	38,6	37,2	38,5
44	61,8	59,3	53,4	47,6	45,7	47,1
46	76,1	73	65,6	58,3	55,7	57
48	92,9	89,1	80	70,9	67,3	68,6
50	113	108	97	86	81	82

Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes TANDEM, pt=2,00

Carga / eje (kips)	SN					
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
2	0	0	0	0	0	0
4	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
6	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
8	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002
10	0,007	0,008	0,008	0,007	0,006	0,006
12	0,013	0,016	0,016	0,014	0,013	0,012

14	0,024	0,029	0,029	0,026	0,024	0,023
16	0,041	0,048	0,05	0,046	0,042	0,04
18	0,066	0,077	0,081	0,075	0,069	0,066
20	0,103	0,117	0,124	0,117	0,109	0,105
22	0,156	0,171	0,183	0,174	0,164	0,158
24	0,227	0,244	0,26	0,252	0,239	0,231
26	0,322	0,34	0,36	0,353	0,338	0,329
28	0,447	0,465	0,487	0,481	0,466	455
30	0,607	0,623	0,646	0,643	0,627	0,617
32	0,81	0,823	0,843	0,842	0,829	O,819
34	1,06	1,07	1,08	1,08	1,08	1,07
36	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
38	1,76	1,75	1,73	1,72	1,73	1,74
40	2,22	2,19	2,15	2,13	2,16	2,18
42	2,77	2,73	2,64	2,62	2,66	2,7
44	3,42	3,36	3,23	3,18	3,24	3,31
46	4,2	4,11	3,92	3,83	3,91	4,02
48	5,1	4,98	4,72	4,58	4,68	4,83
50	6,15	5,99	5,64	5,44	5,56	5,77
52	7,37	7,16	6,71	6,43	6,56	6,83
54	8,77	8,51	7,93	7,55	7,69	8,03
56	10,4	10,1	9,3	8,8	9	9,4
58	12,2	11,8	10,9	10,3	10,4	10,9
60	14,3	13,8	12,7	11,9	12	12,6
62	16,6	16	14,7	13,7	13,8	14,5
64	19,3	18,6	17	15,8	15,8	16,6
66	22,2	21,4	19,6	18	18	18,9
68	25,5	24,6	22,4	20,6	20,5	21,5
70	29,2	28,1	25,6	23,4	23,2	24,3
72	33,3	32	29,1	26,5	26,2	27,4
74	37,8	36,4	33	30	29,4	30,8
76	42,8	41,2	37,3	33,8	33,1	34,5
78	48,4	46,5	42	38	37	38,6
80	54,4	52,3	47,2	42,5	41,3	43
82	61,1	58,7	52,9	47,6	46	47,8
84	68,4	65,7	59,2	53	51,2	53
86	76,3	73,3	66	59	56,8	58,6
88	85	81,6	73,4	65,5	62,8	64,7
90	94,4	90,6	81,5	72,6	69,4	71,3

Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes TRIDEM, pt=2,00

Carga / eje (kips)	SN					
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
2	0	0	0	0	0	0
4	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
6	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003
8	0,009	0,01	0,009	0,008	0,007	0,007
10	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001
12	0,004	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003
14	0,006	0,007	0,007	0,006	0,006	0,005
16	0,01	0,012	0,012	0,01	0,009	0,009
18	0,016	0,019	0,019	0,017	0,015	0,015
20	0,024	0,029	0,029	0,026	0,024	0,023
22	0,034	0,042	0,042	0,038	0,035	0,034
24	0,049	0,058	0,06	0,055	0,051	0,048
26	0,068	0,08	0,083	0,077	0,071	0,068
28	0,093	0,107	0,113	0,105	0,098	0,094
30	0,125	0,14	0,149	0,14	0,131	0,126
32	0,164	0,182	0,194	0,184	0,173	0,167
34	0,213	0,233	0,248	0,238	0,225	0,217
36	0,273	0,294	0,313	0,303	0,288	0,279
38	0,346	0,368	0,39	0,381	0,364	0,353
40	0,434	0,456	0,481	0,473	0,454	0,443
42	0,538	0,56	0,587	0,58	0,561	0,548
44	0,662	0,682	0,71	0,705	0,686	0,673
46	0,807	0,825	0,852	0,849	0,831	0,818
48	0,976	0,992	1,015	1,014	0,999	0,987
50	1,17	1,18	1,2	1,2	1,19	1,18
52	1,4	1,4	1,42	1,42	1,41	1,4
54	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
56	1,95	1,95	1,93	1,93	1,94	1,94
58	2,29	2,27	2,24	2,23	2,25	2,27
60	2,67	2,64	2,59	2,57	2,6	2,63
62	3,1	3,06	2,98	2,95	2,99	3,04
64	3,59	3,53	3,41	3,37	3,42	3,49
66	4,13	4,05	3,89	3,83	3,9	3,99
68	4,73	4,63	4,43	4,34	4,42	4,54
70	5,4	5,28	5,03	4,9	5	5,15
72	6,15	6	5,68	5,52	5,63	5,82
74	6,97	6,79	6,41	6,2	6,33	6,56
76	7,88	7,67	7,21	6,94	7,08	7,36
78	8,88	8,63	8,09	7,75	7,9	8,23
80	9,98	9,69	9,05	8,63	8,79	9,18
82	11,2	10,8	10,1	9,6	9,8	10,2

84	12,5	12,1	11,2	10,6	10,8	11,3
86	13,9	13,5	12,5	11,8	11,9	12,5
88	15,5	15	13,8	13	13,2	13,8
90	17,2	16,6	15,3	14,3	14,5	15,2