

Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales

Practica Supervisada

SEGUIMIENTO DE CONTROL DE CALIDAD

Obra de Rehabilitación de Calzada

Ruta Nacional N° 9

Córdoba – Pilar

Provincia de Córdoba

Autor: Ochat, Andrés

Tutor: Ing. Dapás, Oscar Milton

Supervisor Externo: Ing. Carreras, Mauro

Córdoba, Diciembre de 2015



Agradecimientos

Agradezco a las personas quienes contribuyeron a dar forma a este informe.

A mi familia, por haberme dado la oportunidad de estudiar una carrera profesional y alentarme a concretarla.

Quiero agradecer al Ingeniero Walter Moine que me abrió las puertas a la empresa Boetto y Buttigliengo S.A así como también al Ing. Mauro Carreras que fue mi tutor externo en la Practica Supervisada y supo transmitirme conocimientos y experiencias en el desarrollo de la práctica.

A todo el personal de la empresa Boetto y Buttigliengo S.A que me ayudaron en el día a día a resolver diferentes tipos de problemas destacando particularmente al personal del laboratorio.

Al Ingeniero Milton Dapas quien aceptó gentilmente ser tutor de esta práctica, brindando sus conocimientos e interés para dar cierre este informe.

A los amigos y compañeros de la facultad con quienes compartí diferentes momentos de mi carrera, y saben que a este resultado se llega de manera grupal.

.

INDICE DE TEMAS

1	INTRODUCCIÓN	1
2	EL PROYECTO	1
2.1	INTRODUCCIÓN.....	1
2.2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	2
2.3	PERFIL EXISTENTE	3
2.4	DISEÑO ESTRUCTURAL PROPUESTO	3
2.5	PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN.....	4
2.6	SEÑALIZACIÓN	9
3	LA EMPRESA	13
3.1	INTRODUCCIÓN.....	13
3.2	ZONA DE ACOPIO.....	14
3.3	LABORATORIO CENTRAL	14
4	ESTRUCTURA	15
4.1	INTRODUCCIÓN.....	15
4.2	SUELO DE APOYO.....	15
4.3	SUBRASANTE PÉTREA	15
4.4	BASE GRANULAR	15
4.4.1	Procedimientos y Ensayos.....	16
4.4.1.1	<i>Granulometría</i>	17
4.4.1.2	<i>Corrección de Proctor para ensayo de CBR</i>	18
4.4.1.3	<i>Proctor</i>	19
4.4.1.4	<i>Peso Específico, Aparente y Absorción</i>	21
4.4.1.5	<i>Control de Compactación por el Método de la Arena</i>	22
4.5	BASE NEGRA	28
4.5.1	Procedimientos y Ensayos.....	28
4.5.1.1	<i>Dosaje</i>	28
4.5.1.2	<i>Ensayo de Estabilidad y Fluencia: Método Marshall</i>	32
4.5.1.3	<i>Densidad Rice</i>	34
4.5.1.4	<i>Contenido de Asfalto</i>	35
4.5.1.5	<i>Curva Granulométrica</i>	36
5	CONCLUSIÓN DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA	36
6	BIBLIOGRAFÍA	38

ÍNDICE DE FIGURAS E IMÁGENES

<i>Imag. 2-1 Pañol.....</i>	<i>2</i>
<i>Imag. 2-2 Maquina con martinete.....</i>	<i>4</i>
<i>Imag. 2-3 Maquina realizando trabajos de demolición.....</i>	<i>4</i>
<i>Imag. 2-4 Maquina realizando trabajos de demolición.....</i>	<i>4</i>
<i>Imag. 2-5 Retroexcavadora retirando el pavimento.....</i>	<i>4</i>
<i>Imag. 2-6 Geotextiles previo a su colocación.....</i>	<i>5</i>
<i>Imag. 2-7 Retroexcavadora realizando trabajo de excavación.....</i>	<i>5</i>
<i>Imag. 2-8 Geotextil colocado.....</i>	<i>5</i>
<i>Imag. 2-9 Subrasante Pétreo.....</i>	<i>5</i>
<i>Imag. 2-10 Colocación de la base.....</i>	<i>5</i>
<i>Imag. 2-11 Rodillo pata de cabra.....</i>	<i>5</i>
<i>Imag. 2-12 Rodillo neumático.....</i>	<i>6</i>
<i>Imag. 2-13 Motoniveladora perfilando.....</i>	<i>6</i>
<i>Imag. 2-14 Nivelación.....</i>	<i>6</i>
<i>Imag. 2-15 Colocación de base asfáltica.....</i>	<i>6</i>
<i>Imag. 2-16 Colocación de base asfáltica.....</i>	<i>7</i>
<i>Imag. 2-17 Compactación de base asfáltica.....</i>	<i>7</i>
<i>Imag. 2-18 Autopista funcionando provisionalmente.....</i>	<i>7</i>
<i>Imag. 2-19 Riego ligante.....</i>	<i>8</i>
<i>Imag. 2-20 Colocación de la geomalla.....</i>	<i>8</i>
<i>Imag. 2-21 Geomalla utilizada.....</i>	<i>8</i>
<i>Imag. 2-22 Compactación de base asfáltica.....</i>	<i>9</i>
<i>Imag. 2-23 Colocación del microconcreto asfáltico.....</i>	<i>9</i>
<i>Imag. 2-24 Señal de Hombres Trabajando.....</i>	<i>10</i>
<i>Imag. 2-25 Señal de Media Calzada.....</i>	<i>10</i>
<i>Imag. 2-26 Señal de Precaución Trabajos en Carpeta.....</i>	<i>10</i>
<i>Imag. 2-27 Señal de Estrechamiento de Mano Derecha.....</i>	<i>11</i>
<i>Imag. 2-28 Señal de Hombres Trabajando.....</i>	<i>11</i>
<i>Imag. 2-29 Señal de Maquinas a 300 metros.....</i>	<i>11</i>
<i>Imag. 2-30 Señal de Velocidad Máxima 60 km/h.....</i>	<i>11</i>

<i>Imag. 2-31 Señal de Velocidad Máxima 40 km/h</i>	11
<i>Imag. 2-32 Señal de Prohibido Adelantamiento</i>	11
<i>Imag. 2-33 Cuña</i>	12
<i>Imag. 2-34 Señal de Presencia de Barandillero</i>	12
<i>Imag. 2-35 Señal Luminosa</i>	12
<i>Imag. 2-36 Señal de Presencia de Barandillero</i>	12
<i>Imag. 3-1 Planta de producción</i>	13
<i>Imag. 3-2 Zona de acopio</i>	14
<i>Imag. 3-3 Entrada del laboratorio central</i>	14
<i>Imag. 3-4 Interior del laboratorio</i>	14
<i>Imag. 4-2 Tamices utilizados para el ensayo de granulometría</i>	17
<i>Imag. 4-1 Ensayo de granulometría</i>	17
<i>Imag. 4-3 Métodos de ensayo de Proctor</i>	20
<i>Imag. 4-4 Método de la arena</i>	20
<i>Imag. 4-5 Medición de la altura de las probetas</i>	33
<i>Imag. 4-6 Pesaje del Kísatato y la muestra</i>	34
<i>Imag. 4-7 Muestra conectada a bomba de vacío</i>	34
<i>Imag. 4-8 Extractor Abson</i>	35
<i>Fig. 2-1 Ubicación de la Obra</i>	2
<i>Fig. 2-2 Autopista Córdoba – Pilar</i>	3
<i>Fig. 2-3 Paquete estructural final</i>	3
<i>Fig. 3-1 Ubicación de la empresa</i>	13
<i>Fig. 4-1 Curva granulométrica obtenida</i>	18
<i>Fig. 4-2 Resultado del ensayo de corrección de Proctor</i>	19
<i>Fig. 4-3 Métodos de ensayo de Proctor</i>	19
<i>Fig. 4-4 Resultado del ensayo de Proctor</i>	20
<i>Fig. 4-5 Grafico resultante del ensayo de Proctor</i>	21
<i>Fig. 4-6 Ensayo de pesos específicos y absorción</i>	22
<i>Fig. 4-7 Primer ensayo del cono de arena</i>	25
<i>Fig. 4-8 Segundo ensayo del cono de arena</i>	26
<i>Fig. 4-9 Tercer ensayo del cono de arena</i>	27

<i>Fig. 4-10 Dosaje de la mezcla.....</i>	<i>29</i>
<i>Fig. 4-11 Curva granulométrica de la muestra.....</i>	<i>30</i>
<i>Fig. 4-12 Curvas del ensayo Marshall.....</i>	<i>31</i>
<i>Fig. 4-13 Tabla del ensayo de Marshall.....</i>	<i>31</i>
<i>Fig. 4-14 Ensayo de estabilidad y fluencia.....</i>	<i>33</i>
<i>Fig. 4-15 Ensayo de densidad rice.....</i>	<i>34</i>
<i>Fig. 4-16 Ensayo para determinar el contenido de asfalto.....</i>	<i>35</i>
<i>Fig. 4-17 Curva granulométrica de la muestra de base negra.....</i>	<i>36</i>

1 INTRODUCCIÓN

El presente informe describe el trabajo desarrollado por Andrés Ochat, alumno de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales durante la Practica Supervisada.

La experiencia se realizó en la empresa Boetto y Buttigliengo S.A., durante los meses comprendidos entre Mayo y Agosto del año 2015.

El informe detalla el "Seguimiento de Control de Calidad en la Obra de Rehabilitación de la Autopista Córdoba-Pilar, en el tramo comprendido entre el distribuidor a la localidad de Toledo y el peaje ubicado en el kilómetro 682 de la Autopista Córdoba - Pilar, Provincia de Córdoba, Argentina"

El desarrollo de la presente Practica Supervisada, procura alcanzar como objetivo general la obtención de la experiencia práctica para la inserción en el ejercicio de la profesión, entrando en contacto con profesionales afines a la ingeniería, adquiriendo mayores conocimientos con respecto a los materiales utilizados en una obra vial, aplicando métodos y códigos propios de una organización laboral, y de esta manera, generar una orientación del autor, respecto a su futuro ejercicio profesional.

En el documento se presentan los diferentes ensayos de laboratorios y controles in situ que se realizaron en el transcurso de la obra, así como también el proceso constructivo y diferentes alternativas a la rehabilitación realizada.

2 EL PROYECTO

2.1 INTRODUCCIÓN

El proyecto planteado consiste en la demolición y reconstrucción completa del carril de tránsito lento de la Autopista Córdoba – Pilar además de una reparación de las losas de hormigón pertenecientes al carril rápido en el tramo comprendido entre la Avenida Circunvalación y el distribuidor de la Ruta 13, Provincia de Córdoba. Posterior a esto, la colocación de una carpeta de rodamiento en todo el ancho de la calzada.

La Autopista Córdoba – Pilar está compuesta por dos carriles para cada sentido de circulación con calzadas separadas y un cantero central.

Debido a la falta de mantenimiento de la Autopista, el carril lento presentaba un deterioro significativo que producía que el tránsito pesado circulara por el carril izquierdo.

Cabe destacar que esta ruta cumple un papel fundamental en el desarrollo regional ya que forma parte del grupo 4 del Eje Mercosur – Chile siendo una de las más transitada debido a que vincula los centros urbanos más importantes del país como son el Área Metropolitana de Córdoba, Rosario y Buenos Aires. Además le suma importancia el hecho de que no exista un transporte de carga o de personas ferroviario de calidad que una estos centros urbanos obligando a realizar este transporte por carreteras.

Frente a los imperfectos mencionados, surge la necesidad de llevar a cabo la obra descripta a continuación.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Como ya se ha planteado, la obra comprende la rehabilitación del carril derecho de la Autopista Córdoba – Pilar en el tramo comprendido entre la Av. Circunvalación y el distribuidor de la Ruta 13, en una longitud de aproximadamente 7000 metros. En la figura 2-1 se puede observar con claridad la ubicación de la obra.

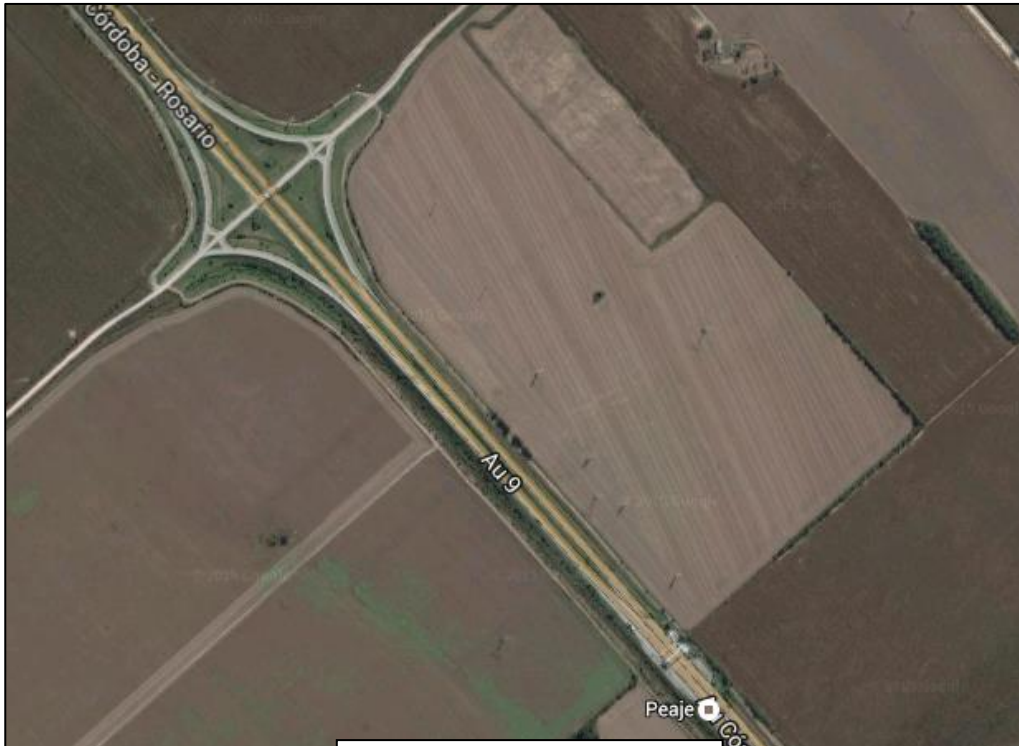


Fig. 2-1 Ubicación de la Obra

Según el presupuesto oficial, elaborado con la tabla de valores de la dirección provincial de vialidad D.P.V., el monto de la obra asciende a la suma de pesos \$64.890.000 (Sesenta y cuatro millones ochocientos noventa mil pesos). Monto final que podrá verse modificado por actualizaciones de precios y/o ampliaciones de obra correspondientemente justificadas por la empresa Boetto y Buttigliengo S.A..

El obrador consistía en dos partes, una de ellas donde se encontraban las oficinas administrativas, laboratorio y dirección técnica de la obra que estaba localizada sobre la Ruta 19 y que pertenecía a "Camino de las Sierras"; mientras que el *pañol* con los baños de servicios para los operarios así como la zona de acopio de materiales y maquinarias se encontraba localizada sobre el distribuidor que une la autopista con la localidad de Toledo como puede observarse en la imagen 2-1



Imag. 2-1 Pañol

2.3 PERFIL EXISTENTE

El tramo sobre el que se trabajó se encuentra limitado en el nor-oeste por el distribuidor previamente mencionado y en el sur-este por el peaje ubicado en el kilómetro 682 de la Autopista Córdoba – Pilar.

Como se mencionó anteriormente, la autopista consiste en dos calzadas para cada sentido de circulación, donde cada una de estas está formada por dos carriles. La calzada sobre la que se realizaron los trabajos, previo a la obra realizada, era un pavimento rígido cuyo paquete estructural estaba compuesto por una base-cemento de 0,2 metros de espesor y un pavimento de hormigón de 0,25 metros de espesor. En la figura 2-2 puede observarse con claridad la autopista donde se realizaron los trabajos.



Fig. 2-2 Autopista Córdoba - Pilar

2.4 DISEÑO ESTRUCTURAL PROPUESTO

El diseño estructural propuesto es idéntico para todas las progresivas del tramo de la obra. Este consistía en un paquete compuesto por un geotextil, una subrasante pétreo 100-300 de 0,2 metros de espesor, dos bases granulares de 0,2 metros de espesor, una base negra de 0,2 metros de espesor, una geomalla que cubre la totalidad de la calzada y por encima de esta una carpeta de rodamiento de 0,3 metros de espesor. En la figura 2-3 puede observarse el paquete estructural final que tendrá la calzada, donde el carril izquierdo mantiene sus características originales y el derecho la rehabilitada.

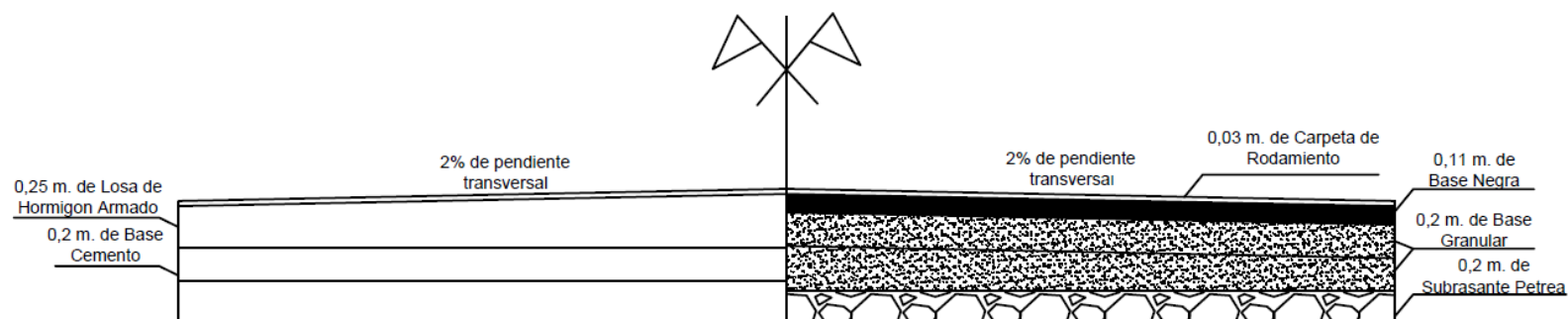


Fig. 2-3 Paquete estructural final

2.5 PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN

Debido a que la obra se basaba en la rehabilitación de una calzada que ya se encontraba construida, lo primero que se hizo fue la demolición en forma total del carril derecho de la calzada con dirección a la localidad de Pilar. Para esto fue necesario utilizar una maquina provista de un martinete mecánico como la que puede verse en la imagen 2-2. Este martinete se dejaba caer sobre el pavimento e iba rompiendo el concreto obteniéndose cuadrados de 70 centímetros de lado que facilitaban la futura extracción y manejo.

Posterior al trabajo de demolición y mediante una retroexcavadora se fue retirando el pavimento demolido y realizando una pequeña excavación a lo largo del tramo en rehabilitación. El pavimento fue cargado en bateas y trasladado a un depósito cercano donde se realizaba la descarga, mientras que el suelo fue colocado en los costados de la autopista y luego distribuido en los taludes.



Imag. 2-2 Maquina con martinete

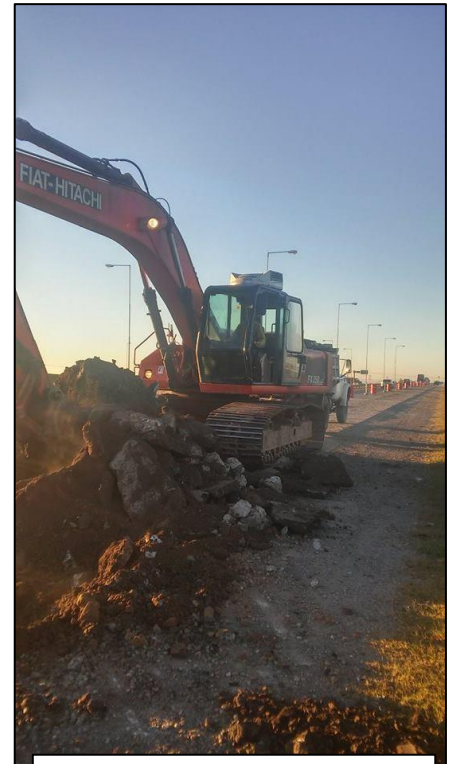
Una vez demolido y despejado el tramo de la autopista, se prosiguió con la colocación de un geotextil sobre el suelo de apoyo, luego sobre este se ubicó una capa de finos áridos para fijar el geotextil y evitar que la misma se dañe por la colocación de la subrasante 100-300 de 0,20 metros de espesor que se colocó a continuación. Tanto el geotextil como la subrasante pétrea fueron colocadas con fines principalmente drenantes. En las imágenes 2-3, 2-4, 2-5, 2-7, 2-8 y 2-9 puede observarse los diferentes trabajos mencionados anteriormente.



Imag. 2-3 Maquina realizando trabajos de demolición



Imag. 2-4 Maquina realizando trabajos de demolición



Imag. 2-5 Retroexcavadora retirando el pavimento



Imag. 2-6 Geotextiles previo a su colocación



Imag. 2-7 Retroexcavadora realizando trabajo de excavación



Imag. 2-8 Geotextil colocado

A continuación de que se completaron estas tareas, se prosiguió con la colocación de la base como se ve en la imagen 2-10; la base se materializo en dos capas de suelo de 0,20 metros de espesor. La construcción de las dos capas de base fueron realizadas de la manera que se detalla a continuación: mediante bateas se descargó el suelo sobre la subrasante pétrea que fue distribuida utilizando una moto niveladora para luego ser compactada mediante el uso de un rodillo vibrador pata de cabra y un rodillo neumático, equipos que se observan en las imágenes 2-11 y 2-12. Como etapa final se realizó la corrección de la topografía usando un nivel y mira; en aquellos casos en que la cota del terreno no coincidía con la necesaria se prosiguió a realizar un corte mediante el uso de la motoniveladora o un relleno según sea el caso - Imagen 2-13 y 2-14 - .



Imag. 2-9 Subrasante Pétrea



Imag. 2-10 Colocación de la base



Imag. 2-11 Rodillo pata de cabra



Imag. 2-12 Rodillo neumático



Imag. 2-13 Motoniveladora perfilando



Imag. 2-14 Nivelación

El trabajo para la segunda capa de base fue idéntico a la anterior.

Luego de finalizada la colocación, distribución y compactación de las bases, se continuo con la colocación de la base negra. La base negra tenía 11 cm. de espesor que fueron materializados mediante dos capas de 6 y 5 cm. de espesor. Para esto se utilizaron las siguientes maquinarias:

- Batea de asfalto del tipo volcable
- Terminadora
- Rodillo Liso
- Rodillo Neumático

La batea se utilizaba para transportar el asfalto desde la planta a la zona de trabajo, el transporte del mismo se realizó con la batea cubierta para evitar el enfriamiento del mismo.

Una vez que el asfalto se encontraba en la zona de obra, se iba volcando el mismo en la terminadora que iba avanzando y colocándolo en todo el ancho del carril que se buscaba rehabilitar.

Luego procedía la compactación que se realizaba primero con el rodillo liso y luego con el neumático teniendo en cuenta que el espesor final sea el correcto.

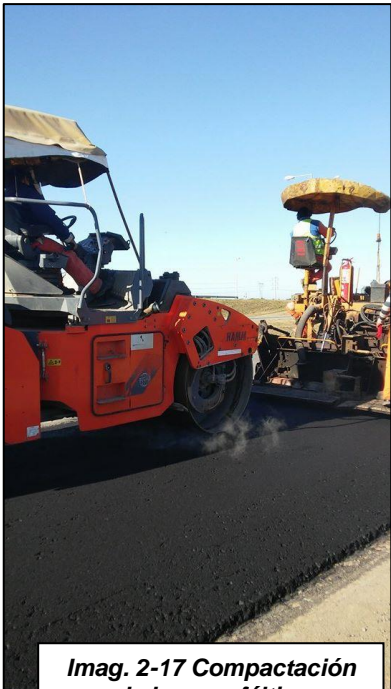
Estos trabajos son los que se ven en las imágenes 2-15, 2-16 y 2-17.



Imag. 2-15 Colocación de base asfáltica

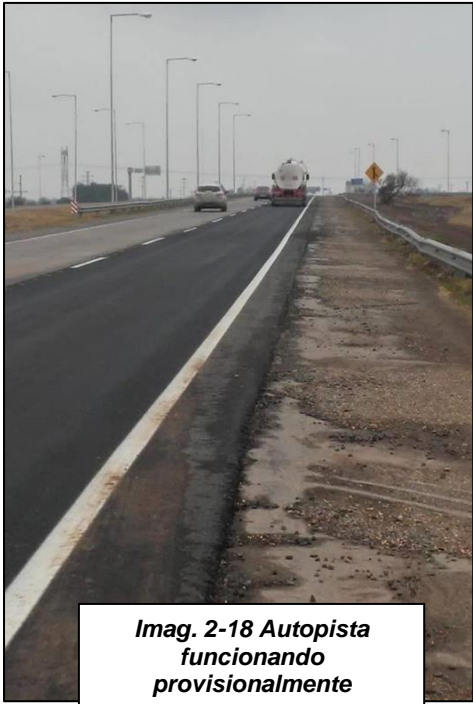


Imag. 2-16 Colocación de base asfáltica



Imag. 2-17 Compactación de base asfáltica

Luego de materializada la base asfáltica se debía realizar la colocación de la carpeta de rodamiento que cubriría toda la superficie de la calzada como se explicó anteriormente, pero para realizar este trabajo se esperó finalizar con la etapa de construcción de la base negra en los diferentes tramos que tenía a cargo la empresa Boetto y Buttigliengo S.A.. Es por esto, que en el tiempo transcurrido entre la colocación de la base negra y del asfalto con polímero (de Agosto a Septiembre) el carril fue habilitado al tránsito y se debió realizar la correspondiente señalización horizontal para que cumpla con las normas de tránsito establecidas. La autopista en funcionamiento provisional puede observarse en la imagen 2-18.



Imag. 2-18 Autopista funcionando provisionalmente

Si bien en la última etapa de rehabilitación de la calzada, que consistía en la colocación de un microconcreto asfáltico, no pude participar de las tareas realizadas ya que no concurría a la obra en forma regular porque excedía los tiempos de la práctica, pude ir a observar en diferentes ocasiones como era el procedimiento de construcción de la misma. A continuación detallo en forma breve como era su colocación ya que resulta curioso por su baja utilización en nuestra provincia.

La carpeta de rodamiento de microconcreto asfáltico tipo F10 se debía ubicar en toda la calzada y como esta tenía diferente configuración en ambos carriles se utilizaron técnicas diferentes para su colocación. En el carril izquierdo que presenta una calzada de hormigón armado, previo a un bacheo y rehabilitación de zonas muy degradadas, se regó la superficie con un ligante - Imagen 2-19 - para luego asentar una geomalla - Imagen 2-20 - que tiene como fin darle un buen agarre al asfalto así como también evitar el traslado de las fisuras o juntas de las losas de hormigón. Luego de apoyada la geomalla se le compacto con rodillo neumático - Figura 2-22 - para evitar una posible separación a futuro. De igual forma como se trabajó en la colocación de la base negra se hizo con el asfalto con polímero, es decir que este microconcreto asfáltico fue colocado mediante el uso de una terminadora - Imagen 2-23 -. En el carril derecho que tiene las características de un pavimento flexible se evitó el uso de la geomalla utilizando únicamente el riego ligante que favorece y facilita el agarre del pavimento con polímero con la base negra.



Imag. 2-19 Riego ligante



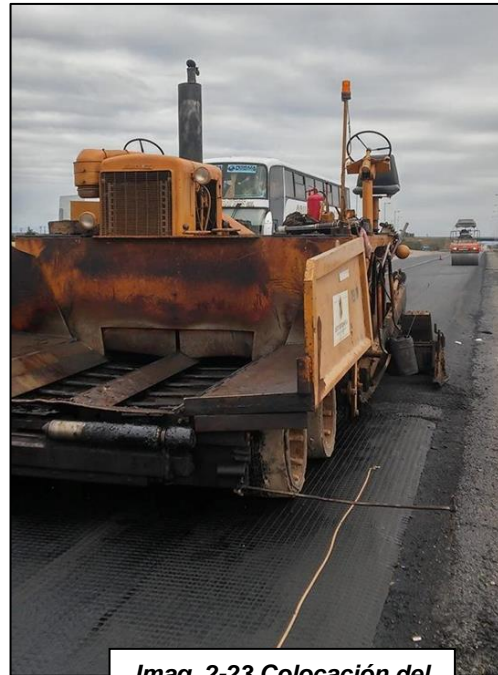
Imag. 2-20 Colocación de la geomalla



Imag. 2-21 Geomalla utilizada



Imag. 2-22 Compactación de base asfáltica



Imag. 2-23 Colocación del microconcreto asfáltico

Cabe destacar que si bien la practica supervisada detalla mis trabajos en el laboratorio de la empresa, a lo largo de toda la practica fui diariamente a la zona de obra donde podía formar parte de las diferentes actividades, búsqueda de soluciones y poder observar cómo se realizan los trabajos, logrando así enriquecer en forma absoluta mis conocimientos en la materia.

2.6 SEÑALIZACIÓN

Como se expresó anteriormente, la obra se llevó a cabo únicamente en uno de los dos carriles que forman la calzada; debido a esto y a la importancia que tiene la ruta dentro de la RAC (Red de Accesos a Córdoba) era imposible realizar un corte total en la autopista para la realización de los trabajos, por lo tanto durante el tiempo en que se llevó a cabo la rehabilitación del carril lento, el carril izquierdo se mantuvo abierto al tránsito. Teniendo en cuenta que la obra se llevó a cabo sobre una autopista, donde los vehículos circulan a gran velocidad, realizar un corte parcial sobre la misma significa un riesgo verdadero para las personas trabajando en obra como para los conductores de los vehículos, es por esto que la correcta señalización es fundamental para esta evitar accidentes en esta obra.

El objetivo de la señalización ubicada previa y sobre la obra es evitar accidentes logrando una mayor atención por parte de los conductores al atravesar la zona de construcción y una adecuación de la velocidad de los vehículos.

Entendiendo que la señalización es una parte fundamental en obras de todo tipo y principalmente en las obras viales, la señalización fue lo primero en realizarse cuando se llegó al lugar de la obra. Los trabajos estuvieron a cargo del jefe de seguridad e higiene Juan José Chediack.

La señalización transitoria colocada en obra se colocó a ambos lados de la carretera debido al gran flujo de camiones que pueden generar una obstaculización de las mismas. Estas son de dos tipos:

- Con forma de rombo o rectangulares de color naranja y con una imagen en negro que tienen como finalidad alertar al conductor.
- Con forma circular y borde rojo y con una leyenda en negro que tienen como finalidad reglamentar la velocidad.

A continuación se describirá como fue el proceso de colocación de la señalización utilizada en la obra considerando dos sectores:

Señalización ubicada previa a la zona de trabajo: Se comenzó con la colocación de señales fijas y móviles a diferente distancia según corresponde y con la leyenda apropiada según la ubicación de cada una. Al mismo tiempo de la colocación de esta señalización, se cancelaron tapando con una bolsa negra, aquellas señales de tránsito que se encontraban previo a la obra y que su leyenda se contradecía con la colocada.

Como se puede ver en las imágenes, se comenzó con la colocación de una señal de advertencia con forma de rombo y de color naranja a una distancia de 1000 metros del corte de calzada que contenía la leyenda de "Hombres Trabajando" - Imagen 2-24 -, luego se colocaron a 800 - Imagen 2-25 -, 450 y 250 metros del corte de calzada señales de advertencia con forma rectangular y de color naranja que contenía la leyenda de "ATENCIÓN - MEDIA CALZADA". Más próximo a la zona de trabajo se ubicó una señal con las mismas características físicas y geométricas que las anteriores con un mensaje que indicaba "PRECAUCIÓN - TRABAJOS EN CARPETA" - Imagen 2-26 -. Se continuo colocando señales de advertencias con imágenes que indicaban "Estrechamiento de la mano derecha" "Hombres trabajando a 300 m." y "Máquinas trabajando a 300 m." ubicadas correspondientemente. -Imagen 2-27 a 2-29 -



Imag. 2-24 Señal de Hombres Trabajando



Imag. 2-25 Señal de Media Calzada



Imag. 2-26 Señal de Precaución Trabajos en Carpeta



Imag. 2-27 Señal de Estrechamiento de Mano Derecha



Imag. 2-28 Señal de Hombres Trabajando a 300m



Imag. 2-29 Señal de Maquinas a 300 metros

Con el objetivo de realizar una disminución gradual de la velocidad de los vehículos hasta 40 km/hora y evitar accidentes, se ubicaron señales debidamente colocadas que iban reglamentando una velocidad máxima cada vez menor a medida que se aproximaba a la zona de trabajo - Imagen 2-30 y 2-31-. Por otro lado, para prohibir el adelantamiento de vehículos se colocaron señales que prohibían dicho movimiento. - Imagen 2-32 -



Imag. 2-30 Señal de Velocidad Máxima 60 km/h



Imag. 2-31 Señal de Velocidad Máxima 40 km/h



Imag. 2-32 Señal de Prohibido Adelantamiento

Una vez ubicadas las señales de advertencia y de reglamentación, se continuó con la realización de una cuña sobre el carril donde se realizara la obra – Imagen 2-33 - . Materializada con conos vendedores de 120 centímetros y con tachos de 200 litros cubiertos con pintura naranja y con franjas refractarias, esta cuña tenía el objetivo de realizar el corte sobre el carril derecho en forma gradual y progresiva, logrando que los vehículos se ubiquen en el carril habilitado para la circulación disminuyendo la posibilidad de accidente. En el inicio de la cuña se colocó una señal indicando la presencia de un barandillero – Imagen 2-34 - más adelante y al final de la misma se colocó una flecha luminosa Figura 2-35 - que tiene como objetivo principal advertir a los conductores la interrupción en el carril en horarios diurnos y nocturnos.



Imag. 2-33 Cuña



Imag. 2-34 Señal de Presencia de Barandillero



Imag. 2-35 Señal Luminosa

Señalización ubicada sobre la zona de trabajo:

Posterior a la realización de la cuña, se continuó con la colocación de los mismos tachos utilizados para la materializar la misma pero ubicados en el medio de la calzada y a lo largo de la zona de trabajo, logrando así una separación efectiva entre el carril habilitado para circular y el que se realizara la rehabilitación. Los tachos para señalización se fueron ubicando con una separación de 2 metros e intercalando con señales luminosas o balizas que ofrecen una mayor seguridad nocturna. Finalmente, como indicaba la señalización previamente detallada, en aquellos casos que se creía necesario se colocaba un barandillero – Imagen 2-36 - que tenía como objetivo detener el tránsito en casos que sean necesarios o advertir a los conductores sobre la presencia de una maquina trabajando.



Imag. 2-36 Señal de Presencia de Barandillero

3 LA EMPRESA

3.1 INTRODUCCIÓN

La empresa cuenta con un importante predio de 9.200 m² al sur-oeste del anillo circunvalatorio, más precisamente sobre la calle Estocolmo al 4950, Barrio Flores de la Ciudad de Córdoba donde se centralizan básicamente las áreas administrativas (1.300 m²) y el taller central (1.130 m²). La ubicación exacta de la empresa puede apreciarse en la figura 3-1



Por otro lado, la empresa cuenta con una importante planta de producción de materiales asfálticos – Imagen 3-1 - que se encuentra ubicada en la zona sur de la ciudad sobre el anillo circunvalatorio. En este predio también se localiza el laboratorio central de la empresa que se describe más adelante y es donde pase el mayor tiempo de la practica supervisada.



Como mencione anteriormente, el desarrollo de la práctica supervisada consistió en transitar estas áreas, reconociendo los materiales, la manera de trabajar de los profesionales y operarios, la comunicación interna de la empresa, el recorrido de la información, las maquinarias existentes, etc; a continuación se enuncia una breve descripción y aspectos relevantes de la empresa y su funcionamiento.

3.2 ZONA DE ACOPIO

La zona designada para acopios cuenta con: piedras trituradas de varios tamaños, agregado grueso y agregado fino de diferentes canteras proveedoras. En esta zona juega un papel muy importante la figura del personal a cargo de la pala de carga frontal, designado como Palero. Él es quien realiza los acopios cuando llega el material de las canteras, y quien, al momento de requerirlo las plantas productoras, abre los acopios para abastecer a las mismas con material de cierta humedad y homogeneidad necesarias para el caso. Es por esto el palero, participe en la calidad final de las mezclas. Una parte de la misma puede verse en la imagen 3-2.



Imag. 3-2 Zona de acopio

3.3 LABORATORIO CENTRAL

El laboratorio central de la empresa se encuentra ubicado a la vera de la parte sur del anillo circunvalatorio mas precisamente, sobre la calle Colonia Impira. La práctica aquí presentada se realizó en su mayor medida en el laboratorio central; pero, al trabajar con materiales, el recorrer el predio de la empresa se convirtió en una tarea diaria; estando en contacto con las personas a cargo de cada tarea, presenciando la producción de mezclas, como así también el tráfico de camiones, entrando y saliendo con diversos materiales.



Imag. 3-3 Entrada del laboratorio central

Este laboratorio central que puede verse su entrada en la imagen 3-3 y parte de su interior en la imagen 3-4, está preparado para realizar todo tipo de ensayos; llevando un control de suelos, agregados, cemento asfáltico, mezclas asfálticas y hormigón. Cuenta, para ello, con un equipo de laboratoristas a cargo del jefe de laboratorio, Diego Brizuela y su ayudante Pablo Tissera.

Es necesario destacar la íntima relación que existe entre el laboratorio y las plantas productoras de la empresa, hay una retroalimentación permanente entre estas dos, siempre en pos de mejorar calidades y cumplir los requerimientos de cada obra en la que se encuentra avocada la empresa.



Imag. 3-4 Interior del laboratorio

En este aspecto, también aparece la figura de la Dirección Provincial de Vialidad (D.P.V), ente dependiente de la Secretaría de Obras Públicas, la cual a su vez emana del Ministerio de Infraestructura de la Provincia de Córdoba. De esta manera, la D.P.V. envía a agentes a la empresa para llevar supervisar el control de calidad de materiales primarios y de estructuras, quien también suele intervenir en la producción, aconsejando ciertos ajustes, y contribuyendo en la calibración de mezclas asfálticas en las plantas de producción.

4 ESTRUCTURA

4.1 INTRODUCCIÓN

En el capítulo segundo donde se explicaba el proyecto ya fue mencionado el perfil tipo proyectado. Conformado por la subrasante, dos bases granulares, una base negra y por ultimo una carpeta de rodamiento de microconcreto de asfalto con polímero que cubre la totalidad de las calzadas, es decir, la nueva y la existente.

A continuación se expresan los ítems, ordenados según el avance mismo de la obra, y los controles realizados en cada etapa.

4.2 SUELO DE APOYO

El suelo de apoyo que se encontró en el lugar fue limoso no plástico con un índice de grupo A-4.

Para lograr que el mismo soporte las futuras cargas que recibirá durante su construcción y su vida útil, el mismo fue compactado en forma rápida utilizando los camiones y demás maquinaria para transportar los materiales.

4.3 SUBRASANTE PÉTREA

Por encima del terreno natural o suelo de apoyo, se colocó un geotextil que fue cubierto con la subrasante pétreo de 0,2 metros de espesor y 4,10 metros de ancho. Como ya fue explicado anteriormente, la obra avanzaba sobre el carril lento en dirección Córdoba - Pilar. La subrasante se considera a aquella porción de superficie que servirá de asiento o fundación para la base granular a construir. El trabajo realizado para materializar esta capa consistió en el transporte del material pétreo 100-300 desde la cantera Amadeo, ubicada en la localidad de El Sauce, a la obra mediante bateas volcadoras, una vez colocado sobre la traza del camino, se distribuyó con la pala hasta obtener un espesor final de 0,2 metros, la finalidad de esta capa es que cumpla funciones drenantes y estructurales. Debido a la naturaleza de la subrasante, no se realizó ningún ensayo previo a su colocación en obra, ni tampoco in situ.

4.4 BASE GRANULAR

Luego de colocada y finalizada la subrasante pétreo, se colocó por encima de esta, una base con iguales dimensiones que la subrasante, es decir que contaba con 0,2 metros de espesor y 4,10 metros de ancho. Esta capa estructural, junto con las

asfálticas que están por encima, tiene el propósito de distribuir las cargas del tránsito sobre la subrasante. Los trabajos consistieron en transportar el material denominado agregado triturado 0-30 proveniente de la cantera Amadeo a través de bateas volcadoras que depositaban el material medianamente distribuido a lo largo de la traza del camino y su distribución final se realizaba mediante la moto niveladora, quedando un espesor tal que luego de compactada y perfilada tuviera el espesor final de 0,2 metros.

Este tipo de suelo se lo clasifico como un A1-a que se caracteriza por presentar un predominio de gravas, con o sin material fino bien graduado. Es sumamente importante conocer esto ya que en función de varios parámetros como los Límites de Atterberg y el retenido por el tamiz Numero 4, podemos saber que tipo de ensayo de Proctor corresponde como así también algunas exigencias que nos indica la norma. En el caso del suelo ensayo, debido a que su hinchamiento era menos que el 2% y el retenido por el tamiz Numero 4 fue mayor al 5% (como podrá verse en el ensayo de granulometría explicado más adelante) el tipo de ensayo de Proctor que realizamos fue el que la Dirección Nacional de Vialidad cataloga con el numero romano V.

4.4.1 Procedimientos y Ensayos

Los ensayos que realizamos sobre esta parte del paquete estructural la podemos dividir en dos etapas. La primera que comprende todos los ensayos que realizamos a una muestra representativa dentro del laboratorio y la segunda que comprende aquellos ensayos que hicimos en el lugar una vez que la base se encontraba colocada, compactada y perfilada; estos ensayos son los que se conocen como ensayos in situ.

Para comenzar con los ensayos de laboratorio, es decir aquellos que forman la primera etapa, hicimos la verificación de la granulometría, es decir, corroboramos que la curva granulométrica del triturado 0-30, quedaba dentro del entorno requerido por la D.P.V. (Dirección Provincial de Vialidad).

Continuamos con el ensayo de compactación Proctor que se llevó a cabo en la forma que establece el ensayo tipo V de la Norma de Ensayo VN-E5-93 "Compactación de Suelos". Para esto fue necesario realizar previamente una corrección para homogeneizar la muestra.

Como último paso de la primera etapa hicimos un ensayo para poder determinar el peso específico, el peso aparente y la absorción de los agregados pétreos gruesos retenidos por el tamiz 3/4.

Luego que finalizamos con la primera etapa continuamos con la segunda etapa, la cual tiene un carácter de control y está formada por el ensayo conocido como "Control de Compactación por el Método de la Arena" como su nombre lo indica, este sirve para controlar el grado de compactación alcanzado en la base una vez que esta fue finalizada.

Primera Etapa

Como se explicó anteriormente, primero se explicaran los ensayos pertenecientes a la primera etapa que fueron en su totalidad realizados dentro del laboratorio central de la empresa descrito anteriormente.

4.4.1.1 Granulometría

El ensayo de granulometría fue el primero que realizamos a la muestra y es uno de los más importante ya que si este no se acepta el suelo esta rechazado.

En la Figura 4-1 se muestra el resultado del ensayo de granulometría que realizamos sobre el material extraído de la base granular el día 12 de Junio de 2015 que representa a aquel que se encuentra entre las progresivas **697+800 – 665+200**, aquí puede verse que los tamices que utilizamos fueron aquellos que se ubicados dentro del entorno 2" (50 mm de luz) y el N 200 (0,075 mm). Luego podemos ver, que comparando con los entornos establecidos por el pliego de especificaciones técnicas particulares, la base granular ensayada cumple con los requerimientos.

La imagen 4-1 nos muestra una fotografía en el momento en que se realizaba el ensayo mientras que la en la 4-2 observamos diferentes tamices que fueron utilizados para llevar a cabo el mismo.



Imag. 4-1 Ensayo de granulometría



Imag. 4-2 Tamices utilizados para el ensayo de granulometría

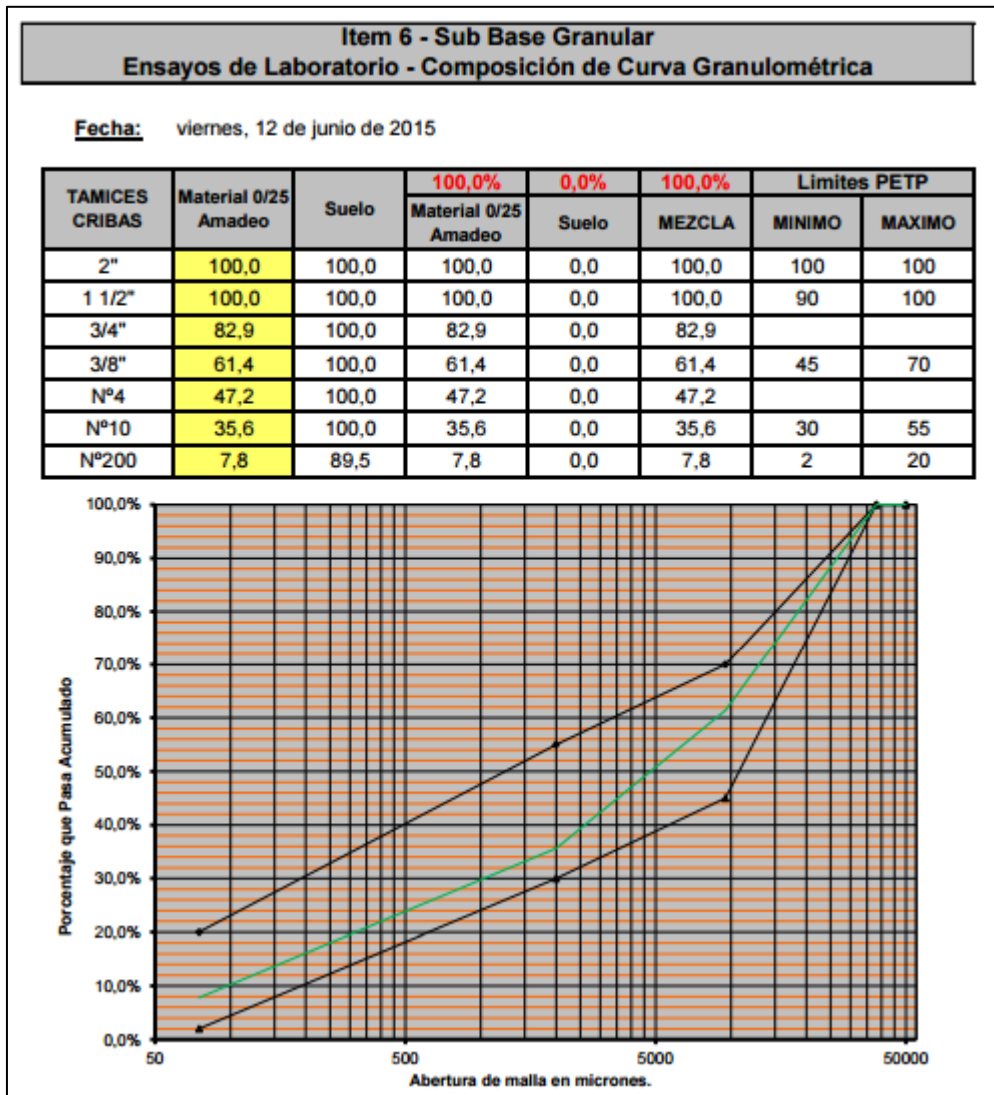


Fig. 4-1 Curva granulométrica obtenida

4.4.1.2 Corrección de Proctor para ensayo de CBR

El siguiente ensayo lo realizamos con el objetivo de poder quitar el material retenido en el tamiz 3/4 (19mm) y reemplazarlo equilibradamente por material retenido en el tamiz 3/8, N 4 y el pasante tamiz N 4. Esto se hace para poder evitar que el ensayo de Proctor de resultados no representativos por la presencia de grava en la muestra. Los resultados pueden verse en la figura 4-2, donde notamos que lo que necesitábamos agregar a la muestra para poder reemplazar el material retenido en el tamiz 3/4 eran 6000 gramos de material de una variada composición, donde 1871,3 gramos eran del retenido por el tamiz 3/8, 1235,9 gramos pertenecían al retenido por el tamiz N 4 y 2892,7 gramos del material pasante por el tamiz N 4.

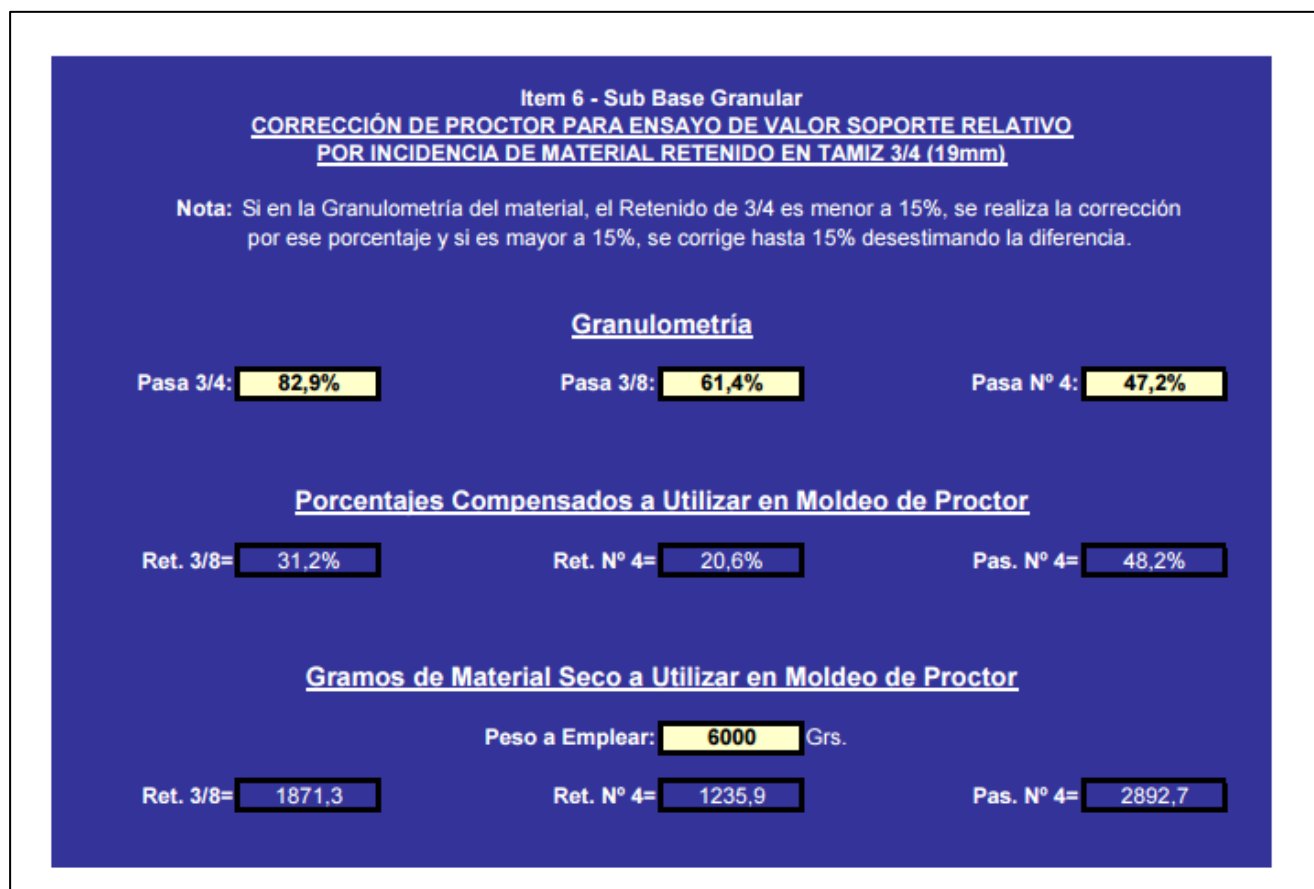


Fig. 4-2 Resultado del ensayo de corrección de Proctor

4.4.1.3 Proctor

Una vez que fue separado el material retenido en el tamiz 3/4 y reemplazado como se indicó en el ensayo anterior, continuamos con el ensayo de compactación de Proctor. Este ensayo nos da la posibilidad de determinar la compactación máxima de un terreno en relación con su grado de humedad y así conocer cuál es la densidad que deberá tener la base una vez que se coloca en la traza del camino.

Como se indicó anteriormente, utilizamos el método V del ensayo de compactación, identificado por la D.N.V (Dirección Nacional de Vialidad) para material granular.

ENSAYO	MOLDE mm.	PESO PISÓN Kg.	ALTURA CAÍDA EN	N° de CAPAS	N° de GOLPES
IV	152,4	2,5	30,5	3	56
V	152,4	4,53	45,7	5	56

Fig. 4-3 Métodos de ensayo de Proctor

En la figura 4-3 dada por la D.N.V, se observan las características del molde, del pisón, de la altura a la cual se deja caer el pisón para realizar la compactación, el número de capas que realizaremos y el número de golpes necesarios para preparar la muestra a ensayar.

Para la realización del ensayo utilizamos un material lo más representativo posible del que se encuentra entre las progresivas 697+800 – 665+200. Este material luego de ser humedecido, lo colocamos dentro de un molde en 3 capas como indica el método V del ensayo de compactación para material granular y a cada capa la compactamos con 56 golpes de un pisón de 4,53 kg. dejándolo caer desde una altura de 45,7 cm.. Este ensayo lo realizamos con el equipo que se observa en la imagen 4-3. Este ensayo lo realizamos cuatro veces aumentando la humedad en un 1% en cada nueva realización del ensayo. Luego de obtener los valores para cada uno de los ensayos, proseguimos a colocarlos en un gráfico que lleva en ordenada la densidad y en abscisa la humedad. Con estos cuatro puntos se pudo generar una curva con la cual pudimos obtener la densidad máxima con su correspondiente humedad óptima.



Imag. 4-3 Métodos de ensayo de Proctor

A continuación, en la figura 4-3 y 4-4 se puede ver el resultado del ensayo en tabla y en un gráfico Densidad Vs. Humedad.

ENSAYO DE LABORATORIO					
ENSAYO: Compactación de Suelos					
NORMA: VN-E5-93					
FECHA DE ENSAYO: viernes, 12 de junio de 2015					
Progresiva : 684+025 a 684+800					
Capa: Sub Base con 0/25 solo					
Material : GRANULAR					
Punto N°	1	2	3	4	
Agua agregada (%)	1,0%	1,0%	1,0%	1,0%	
Peso molde + Suelo (Gramos)	11100	11241	11328	11250	
Peso molde (Gramos)	6195	6195	6195	6195	
Peso suelo (Gramos)	4905	5046	5133	5055	
Volumen (Cm3)	2125	2125	2125	2125	
Densidad húmeda (Gr./Cm3)	2,308	2,375	2,416	2,379	
DETERMINACION DE LA HUMEDAD					
Peso suelo húmedo (Gramos)	4500,0	4500,0	4500,0	4500,0	
Peso suelo seco (Gramos)	4327,0	4289,0	4237,0	4191,0	
Humedad (%)	4,0	4,9	6,2	7,4	
Densidad seca (Gr/Cm3)	2,219	2,263	2,274	2,215	

Fig. 4-4 Resultado del ensayo de Proctor

Donde finalmente, como puede verse en el gráfico, obtuvimos como resultado que la densidad máxima es de $2,279 \frac{\text{Kgrs}}{\text{dm}^3}$ y la humedad óptima es de 5,9 %.

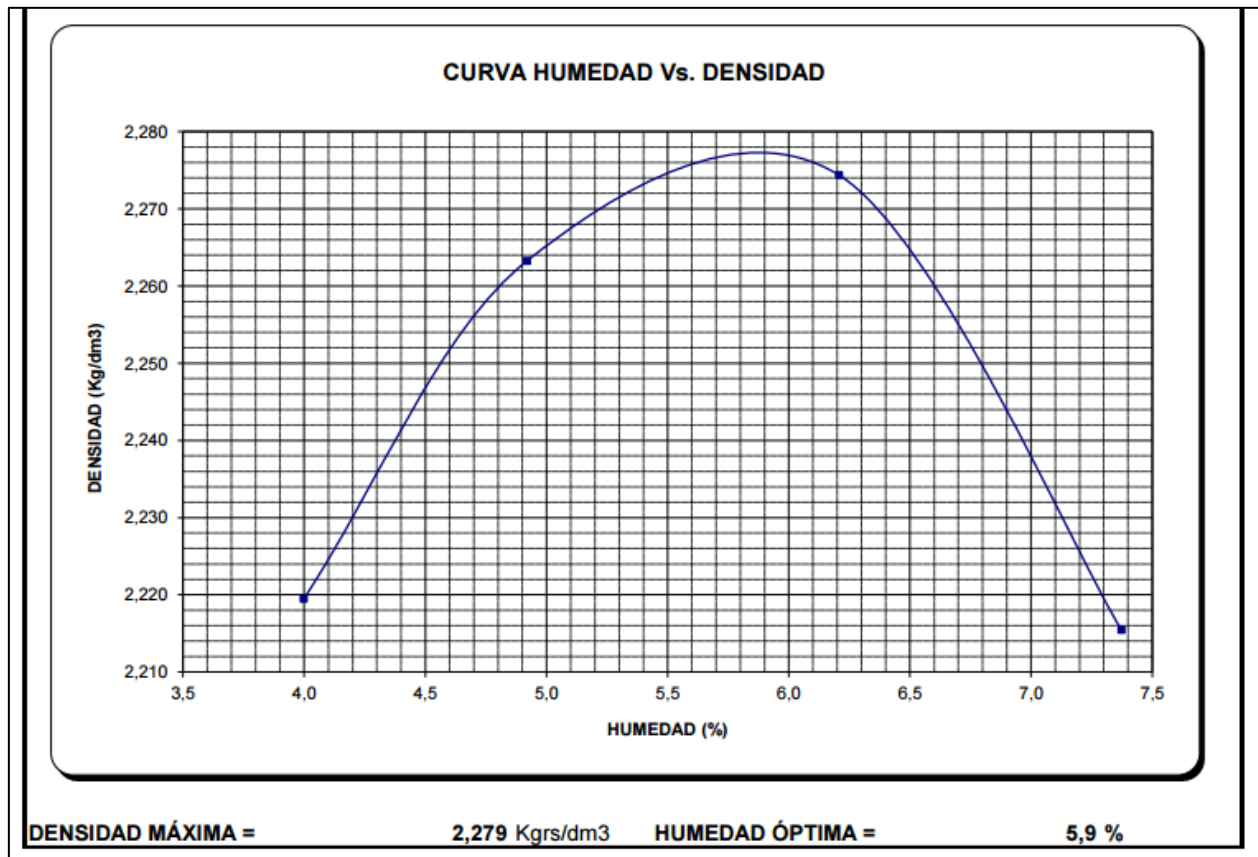


Fig. 4-5 Grafico resultante del ensayo de Proctor

4.4.1.4 Peso Específico, Aparente y Absorción

Mediante el uso de la norma VN-E13-67 determinamos el peso específico, el peso aparente y la absorción de los agregados pétreos gruesos del material retenido por el tamiz 3/4 procedente de la base y obtenido como se explicó anteriormente.

Los resultados pueden verse a continuación en la figura 4-6, junto con la forma del cálculo. Si bien calculamos diferentes pesos específicos y una absorción, el ensayo tenía el objetivo de conocer el peso específico a superficie seca ya que su valor es necesario en el momento de realizar la corrección de densidad que se podrá ver en el ensayo correspondiente a la segunda etapa.

**Peso Específico , Aparente y Absorción
de Agregados Petreos Gruesos**

Norma:	VN-E13-67
Fecha:	12/06/2015
Material:	Retenido 3/4 Sub Base
Procedencia:	Triturado 0/25 mm Amadeo

Variables:

Peso Saturado:	1492,0	Grs
Peso Seco:	1480,5	Grs
Peso Sumerg:	946,0	Grs

a)- Peso Especifico Aparente:

$$\frac{\text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco} - \text{Peso Sumergido}} = \frac{1480,5}{534,5} = \boxed{2,770}$$

b)- Peso Especifico Agregado Seco:

$$\frac{\text{Peso Seco}}{\text{Peso Saturado} - \text{Peso Sumergido}} = \frac{1480,5}{546} = \boxed{2,712}$$

c)- Peso Especifico Saturado Sup Secca:

$$\frac{\text{Peso Saturado}}{\text{Peso Saturado} - \text{Peso Sumergido}} = \frac{1492}{546} = \boxed{2,733}$$

d)- Absorción:

$$\frac{\text{Peso Saturado} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} \times 100 = \frac{11,5}{1480,5} = \boxed{0,78}$$

Fig. 4-6 Ensayo de pesos específicos y absorción

Segunda etapa

A continuación voy a hacer una descripción de los ensayos que realizamos in situ, es decir, una vez que la base se encontraba colocada, compactada y perfilada en la traza del camino.

4.4.1.5 Control de Compactación por el Método de la Arena

Este es un método que nos permite conocer la densidad del terreno al cual le aplicamos el ensayo. Es un método de control ya que vamos a hacer una comparación de los valores obtenidos con los conseguidos en el Ensayo de Compactación de Proctor. Este control de densidad lo hicimos cada 200 metros dentro del tramo definido por las progresivas 684+025 – 684+800.

Para realizar este ensayo utilizamos un cono especial como se puede ver en la imagen 4-4. Proseguimos de la siguiente forma: Previo a una nivelación de la superficie, colocamos una placa base con una abertura en su centro y procedimos a excavar dentro de la misma un hueco de profundidad de excavación similar al espesor de la base controlada. Luego colocamos todo el suelo excavado en una bolsa que cerramos herméticamente para conservar la humedad del suelo y evitar posibles pérdidas de material o contaminación. Posteriormente colocamos el aparato sobre el hueco excavado y lo enrasamos con arena normalizada, de la cual conocemos sus características, esta arena la dejamos fluir por el aparato. Durante el ensayo fuimos tomando diferentes valores que son los que se observan en las tablas resultantes que se presentan más adelante. Una vez finalizado el proceso, nos dirigimos al laboratorio para obtener los valores necesarios y calcular así la densidad del terreno.

Para poder dar como aprobado el control que se realiza sobre esta traza del camino, la densidad seca que se obtiene por el método del cono de arena, tiene que ser al menos el 98% (la norma indica un 100%) del valor obtenido en el ensayo de compactación de Proctor.

Como se puede ver en las tablas que se ubican a continuación, dentro de las progresivas 684+025 – 684+800 tuvimos que realizar el ensayo en tres ocasiones ya que no se alcanzaba las exigencias propuestas.

Es de interés destacar que tanto la densidad obtenida in situ como la de laboratorio puede sufrir una corrección dependiendo del porcentaje de retenido 3/4 que presenta la muestra. Es decir, si este retenido es mayor al 15% entonces realizaremos una corrección en el valor de la densidad in situ, por lo contrario, si este valor es menor al 15%, la densidad corregida será la obtenida en el laboratorio por medio del ensayo de Proctor. La primera situación puede verse en los dos primeros ensayos que se presentan a continuación, mientras que la segunda se nos presentó únicamente la tercera y última vez que hicimos el ensayo. Para realizar estas correcciones utilizamos el valor el peso específico saturado a superficie seca que se obtuvo anteriormente.



Imag. 4-4 Método de la arena

A continuación se describe brevemente los ensayos que se realizaron.

Primer Ensayo - Figura 4-5 -

Como se puede observar en la figura, la primera vez que realizamos el ensayo fue el día 15/06/2015, en esta ocasión obtuvimos que la compactación in situ era únicamente el 96,2% de la compactación obtenida en el laboratorio. Esto llevo a rechazar la base directamente y a dar la orden de humedecer y re-compactar la capa estructural con el objetivo de que ingrese dentro de los valores aceptables.

Segundo Ensayo – Figura 4-6 -

Luego de que se hayan realizado las tareas de humedecimiento y de re-compactación, retornamos al otro día por la mañana, es decir el 16/06/2015 para realizar nuevamente el ensayo. En esta ocasión pudimos notar que el porcentaje de compactación que tenía la base era únicamente del 96,1% de la compactación obtenida mediante el

ensayo de Proctor, por lo tanto el resultado fue rechazado y la orden que dimos fue la humedecer y re-compactar la capa.

Tercer Ensayo - *Figura 4-7* -

Luego de que se realizaron las tareas mencionadas anteriormente, volvimos la misma jornada por la tarde para realizar el control nuevamente donde obtuvimos un resultado satisfactorio ya que el porcentaje de compactación alcanzaba el 99,2%, por lo tanto se la dio como aprobada.

Seguimiento de Control de Calidad de Obra de Rehabilitación de la Ruta Nacional N° 9

ENSAYO: Control de Compactación por el Método de la Arena
 NORMA: VN-E8-67
 ETAPA: Sub Base Granular

Tramo Inicial - Final	
684+025	684+800
Carril:	Lento
Fecha:	15/06/2015

Progresiva	Carril	Lado	SUELO					ARENA					Volumen Pozo V=a/b cm ³	MATERIAL RETENIDO DE 3/4"				DENSIDAD								
			Espesor Cm.	Peso Humedo	Peso Seco	Agua	% Hum.	Peso Anterior	Peso Posterior	Cono	DIFERENCIA	Densidad		Peso P Gr	%	Pa SSS Pa Gr/cm ³	Volumen P/Pa cm ³	TERRENO			PROCTOR			%		
				Ph	Ps	A	h=(A/Ps)x 100	Pa	Pp	Pc	Pa - Pp - Pc = a	b						Humedad	Seco	Seca Corr	Sin	Material	Correg			
				Gr	Gr	Gr		Gr	Gr	Gr	Gr	Gr/cm ³						X	X	Corregir	Pasa 3/4"	Y	(X/Y)x100			
684+950	Lento	E	20,5	3780,0	3670,0	110,0	3,0	6000	2234,0	1509	2257,0	1,371	1646	378,0	10,3	2,733	138,3	2,296	2,229	0,000	2,277	3292	2,317	96,2		

OBSERVACIONES: RECHAZADO
 SE SOLICITA HUMEDECER Y RECOMPACTAR.

Fig. 4-7 Primer ensayo del cono de arena

ENSAYO: Control de Compactación por el Método de la Arena
 NORMA: VN-E8-67
 ETAPA: Sub Base Granular

Tramo	
Inicial - Final	
684+025	684+800
Carril:	Lento
Fecha:	16/06/2015

Progresiva	Carril	Lado	SUELO					ARENA					Volumen Pozo V=a/b cm3	MATERIAL RETENIDO DE 3/4"				DENSIDAD						
			Espesor Cm.	Peso Humedo Ph Gr	Peso Seco Ps Gr	Agua A Gr	% Hum. h=(A/Ps)x 100	Peso Anterior Pa Gr	Peso Posterior Pp Gr	Cono Pc Gr	DIFERENCIA Pa - Pp - Pc = a Gr	Densidad b Gr/cm3		Peso P Gr	% (P/Ps)x100 %	Pa SSS Pa Gr/cm3	Volumen P/Pa cm3	TERRENO			PROCTOR			%
				Humedad	Seco X	Seca Corr	Sin Corregir	Material Pasa 3/4"	Correg Y	(X/Y)x100														
684+950	Lento	E	20,0	3563,0	3459,0	104,0	3,0	6000	2366,0	1509	2125,0	1,371	1550	405,0	11,7	2,733	148,2	2,299	2,232	0,000	2,277	3054	2,322	96,1

OBSERVACIONES: RECHAZADO
 SE SOLICITA HUMEDECER Y RECOMPACTAR.

Fig. 4-8 Segundo ensayo del cono de arena

Seguimiento de Control de Calidad de Obra de Rehabilitación de la Ruta Nacional N° 9

ENSAYO: Control de Compactación por el Método de la Arena
 NORMA: VN-E8-67
 ETAPA: Sub Base Granular

Tramo Inicial - Final	
684+025	684+800
Carril:	Lento
Fecha:	16/06/2015

Progresiva	Carril	Lado	SUELO					ARENA					Volumen Pozo V=a/b cm3	MATERIAL RETENIDO DE 3/4*				DENSIDAD							
			Espesor Cm.	Peso Humedo	Peso Seco	Agua	% Hum.	Peso Anterior	Peso Posterior	Cono	DIFERENCIA	Densidad		Peso P Gr	%	Pa SSS Pa Gr/cm3	Volumen P/Pa cm3	TERRENO			PROCTOR		%		
				Ph Gr	Ps Gr	A Gr	h=(A/Ps)x 100	Pa Gr	Pp Gr	Pc Gr	Pa - Pp - Pc = a Gr	b Gr/cm3						Humedad	Seco X	Seca Corr	Sin Corregir	Material Pasa 3/4" Y		Correg Y	(X/Y)x100
684+950	Lento	E	20,5	4707,0	4520,0	187,0	4,1	6000	1826,0	1509	2665,0	1,371	1944	755,0	16,7	2,733	276,3	2,421	2,325	2,258	2,277	3765	0,000	99,2	

OBSERVACIONES: APROBADO
 RECOMPACTACIÓN.

Fig. 4-9 Tercer ensayo del cono de arena

4.5 BASE NEGRA

La base asfáltica o base negra es una mezcla asfáltica que surge de la combinación de agregados inertes con un ligante bituminoso.

Las mezclas pueden dividirse en dos grupos según su elaboración sea en frío o en caliente. Boetto y Buttigliengo S.A. cuenta con una planta asfaltera que trabaja con mezclas en caliente como se mencionó anteriormente en el presente trabajo.

Este ítem comprende la ejecución de una base negra asfáltica en caliente para realizar lo indicado en los perfiles tipo del proyecto.

Como fue comentado anteriormente y como puede observarse en el perfil, la base negra tiene un espesor de 11 centímetros a lo largo de la traza de la obra que fue materializada en dos capas de 5 y 6 centímetros de espesor unidos entre ellos con un riego de liga.

4.5.1 Procedimientos y Ensayos

4.5.1.1 Dosaje

El dosaje de la mezcla asfáltica había sido realizada 5 meses previos a mi ingreso al laboratorio, por lo tanto no pude estar presente mientras se realizaba el mismo. Es de interés conocer el resultado del dosaje ya que los ensayos y procedimientos comentados más adelante son el resultado de un control que se hace a la mezcla asfáltica producida en planta. A continuación se hace una breve explicación de las características de la mezcla asfáltica utilizada.

La misma está compuesta por:

- Piedra Triturada. Triturado 6-25mm
- Piedra Triturada. Triturado 6-19mm
- Arena de Trituración. Triturado 0-60mm
- Arena Silíceo
- Cemento Asfáltico

Lo primero que se hace para dosificar una mezcla asfáltica es determinar el porcentaje de áridos a utilizar. Una vez finalizado esto, mediante el Método de Marshall, se determinara el tenor de asfalto.

Además de determinar el porcentaje de agregados necesarios, se le realizaron diversos ensayos con objetivos diferentes que se explican brevemente a continuación.

- Determinación del a Lajosidad y Elongación de los agregados

Las formas de las partículas del árido grueso afectan fundamentalmente al esqueleto granular. Según su forma, las partículas pueden clasificarse en redondeadas, cúbicas, lajosas o agujas. Las lajas y las agujas pueden romperse con facilidad durante la compactación o después bajo la acción del tráfico, modificando con ello la granulometría del árido. En consecuencia, deben imponerse limitaciones en el contenido de partículas con estas formas. El porcentaje de lajas y agujas en la mezcla ensayada es de 21,2% y 41,1% respectivamente, estos valores son aceptables para las mezclas asfálticas.

- Determinación del Factor de Cubicidad

Como se explicó anteriormente, las formas de las partículas del árido grueso afectan al esqueleto de la mezcla, con este ensayo se busca que las mismas sean lo más regular posible en sus tres dimensiones para evitar su quebradura o rotura en el momento de la compactación. Esta propiedad viene representada por un índice llamado factor de cubicidad que mientras más grande sea más cubicas serán las partículas gruesas del agregado. Este ensayo fue realizado sobre el triturado 6- 25 y se obtuvo que la muestra presenta un factor de cubicidad de 1,27 que es aceptable para las mezclas asfálticas.

- Ensayo de Resistencia al desgaste con Método de Los Ángeles

El agregado pétreo está sujeto a una rotura adicional, y aun desgaste por abrasión, durante la elaboración, colocación y compactación de las mezclas asfálticas para pavimentación. El agregado sufre además la abrasión debido a las cargas de tránsito. Deben tener por lo tanto en cierto grado capacidad de resistir la trituración, degradación y desintegración. El ensayo de abrasión o desgaste Los Ángeles mide la resistencia al uso o abrasión del agregado minerales. Este desgaste se mide en porcentaje de pérdida por abrasión. Para la mezcla ensayada, este porcentaje es del 21% lo cual es muy aceptable para el destino que tendrá.

- Equivalente de Arena

Este ensayo de equivalente de arena fue realizado a la arena silíceo y al , es un método para la determinación de las proporciones relativas de polvo fino no conveniente o de materiales similares a la arcilla en la porción que pasa el tamiz 4,75 mm (N° 4). Viene representado por el equivalente de arena que es un porcentaje, por lo tanto tiene como límite inferior el 0 que representa un material arcilloso con fracciones coloidales y como límite superior el 100 que indica que la muestra de arena es totalmente limpia, en el caso de la arena ensayada en el laboratorio, se obtuvo como resultado un 88% lo cual nos indica que es apta para su utilización.

Los resultados de la dosificación son los que se observan en la figura 4-8 que se presenta a continuación:

FORMULA DE MEZCLA	
Arena Silícea "E+C"	7,6%
Triturado 6/19 "Cantesur"	22,8%
Triturado 6/25 "Cantesur"	19,1%
Triturado 0/6 "Cantesur"	45,7%
Cemento asfáltico CA 30	4,8%

Fig. 4-10 Dosaje de la mezcla

En la figura 4-9 que se presenta a continuación se pueden ver las curvas granulométricas de la mezcla y la de los entornos del pliego. Pudiéndose observar que la curva queda dentro de los entornos del pliego.

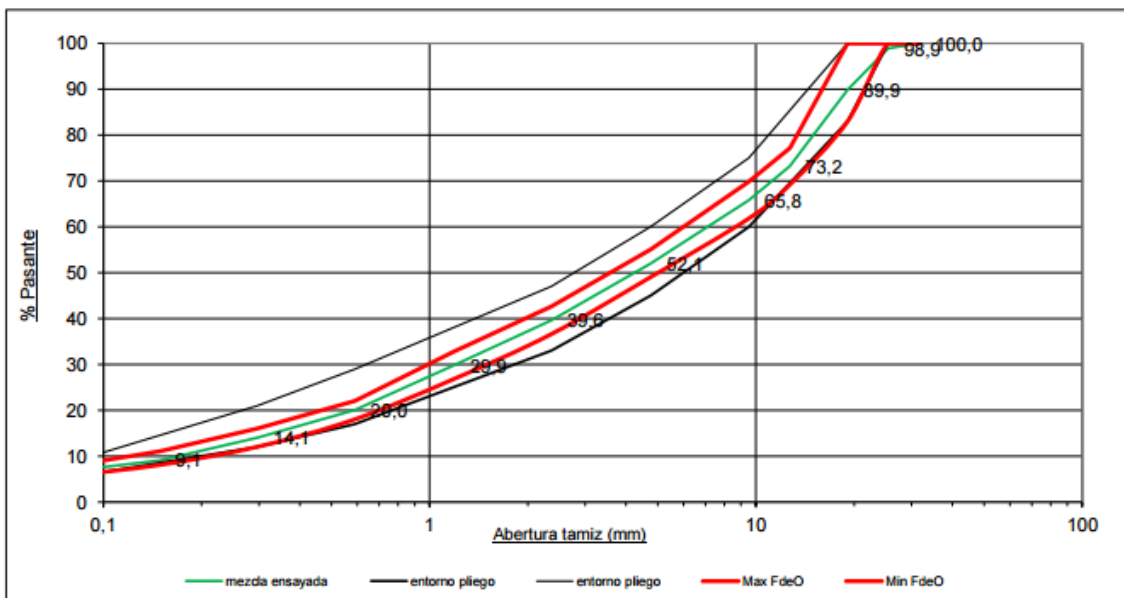


Fig. 4-11 Curva granulométrica de la muestra

A continuación se puede ver las curvas resultantes de un ensayo de Marshall. Estas curvas muestran una cierta tendencia en la relación entre el contenido de asfalto y la propiedad de la mezcla. Las curvas – Figura 4-12 – junto con la tabla – Figura 4-13 – pueden justificar porque se utiliza 4,8% de asfalto ya que estas relacionan el porcentaje de asfalto en la mezcla con las propiedades de interés de la misma.

Las curvas graficadas son las siguientes:

- Estabilidad Marshall Vs % de Cemento Asfáltico
- Fluencia Marshall Vs % de Cemento Asfáltico
- Densidad Vs % de Cemento Asfáltico
- Vacíos de la Mezcla Vs % de Cemento Asfáltico
- Vacíos en el Agregado Mineral Vs % de Cemento Asfáltico
- Relación B/V Vs % de Cemento Asfáltico

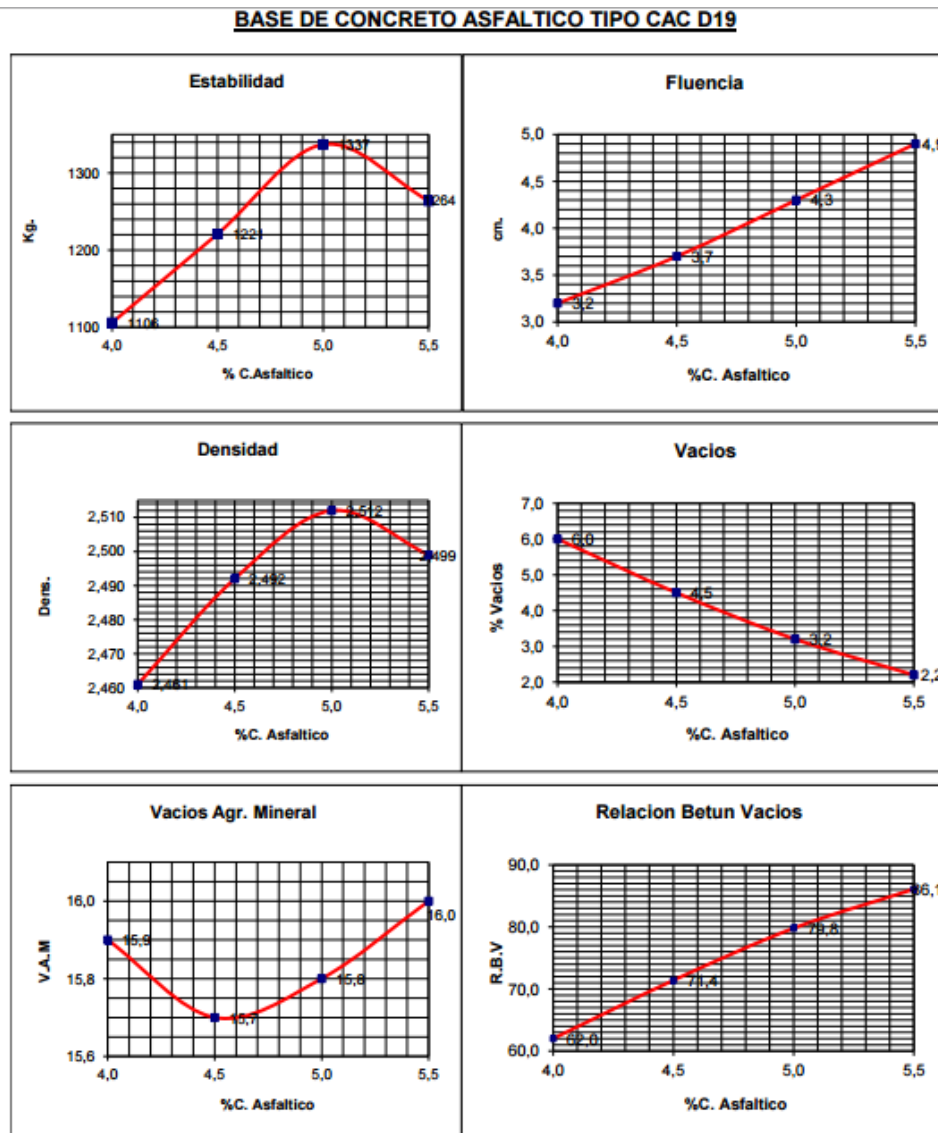


Fig. 4-12 Curvas del ensayo Marshall

% de Cemento Asfáltico	Estabilidad	Fluencia	Densidad	Vacios	V.A.M	Relación B/V
4,0	1106	3,2	2,461	6,0	15,9	62,0
4,5	1221	3,7	2,492	4,5	15,7	71,4
5,0	1337	4,3	2,512	3,2	15,8	79,8
5,5	1264	4,9	2,499	2,2	16,0	86,1

Fig. 4-13 Tabla del ensayo de Marshall

Observadas estas curvas podemos decir que se presentan las siguientes relaciones:

- El porcentaje de vacíos disminuye a medida que aumenta el contenido de asfalto.
- El VAM disminuye hasta un valor mínimo y luego aumenta con contenidos mayores de asfalto.
- La curva de densidad resulta similar a la de estabilidad, solo que el máximo de la primera se encuentra para un contenido mayor de cemento asfáltico que para el de estabilidad.
- Los valores de estabilidad aumentan con aumentos del tenor de asfalto hasta un determinado punto, luego disminuyen.
- Los valores de fluencia aumentan con aumentos en el contenido de asfalto.

Por lo tanto, analizando estos parámetros y realizando una pequeña interpolación se llegó a determinar que el contenido de asfalto necesario es de 4,8%.

Control de la Mezcla Asfáltica

Los ensayos que se mencionan a continuación, son ensayos de control realizados el Martes 30 de Junio del 2015. El objetivo general de estos ensayos de control es determinar si la mezcla que se utilizara como base asfáltica, cumple con las características de la mezcla dosificada. Los objetivos específicos de los ensayos que se explican a continuación son:

- Medir la estabilidad y fluencia de las muestras.
- Determinar la cantidad de asfalto que contienen las muestras.
- Realizar un análisis de densidad–vacíos de la muestra.

4.5.1.2 Ensayo de Estabilidad y Fluencia: Método Marshall

Este ensayo se realiza con el objetivo de determinar si la muestra ensayada cumple con las condiciones de estabilidad y fluencia de la mezcla dosificada donde la estabilidad de la probeta de ensayo es la máxima resistencia a las cargas desarrollada a 60°C y el valor de fluencia es el movimiento total, o deformación, que sufre la probeta durante el ensayo, desde el momento en que empieza a ser cargada hasta que se alcanza la carga máxima.

Realizando una pequeña interpolación entre los valores de 4,5% y 5% de contenido de cemento asfáltico, obtenemos que la fluencia de la muestra debe ser aproximadamente de 3,9 y la estabilidad de 1259,6.

A continuación se explicara brevemente el ensayo y como se obtuvieron algunos de los valores necesarios para realizarlo.

Para realizar el ensayo moldeamos 4 probetas con un molde de 4 pulgadas de diámetro y 3 pulgadas de altura con su collar de extensión. Para realizar la compactación, mediante un martillo de compactación, le dimos 75 golpes en cada una de sus caras.

Una vez que las probetas se encontraban finalizadas, proseguimos a:

- Pesarlas en su condición de seca
- Medir la altura.
- Pesarlas en su condición de saturada a superficie seca.

La medición de la altura – Imagen 4-5 - se realiza ya que el espesor ideal que nos recomienda la norma es de 63,5 mm. por lo tanto si trabajamos con probetas con un tamaño diferente a este los resultados pueden no ser representativos. En el caso que la altura de la probeta difiera del valor idea, entonces se realiza una corrección.



Imag. 4-5 Medición de la altura de las probetas

Para determinar el peso de la probeta a superficie seca, fue necesario sumergir la probeta en un balde con agua durante un tiempo determinado.

Luego continuamos con la determinación de su estabilidad y su fluencia, observando que los valores obtenidos eran satisfactorios.

En la figura 4-14 pueden observarse los valores medidos junto con los obtenidos.

Control de Mezcla Asfáltica															
Fecha: martes, 30 de junio de 2015		Autopista Córdoba / Pilar - Calzada Descendente - Carril Lento													
TN: 245,95		Base Negra - Progresiva 694,680 a 694,550 2a Capa 5,0 Cm													
		Base Negra - Progresiva 684,025 a 683,749 - 1a Capa 6,0 Cm.													
ENSAYOS DE ESTABILIDAD Y FLUENCIA METODO MARSHALL															
Probeta Nro.	Peso seco (gr.)	Peso sat. (gr.)	Volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)	V.A.M (%)	Vacíos (%)	Relación Bet./Vac.	Altura (cm)	Estabilidad				Fluencia (mm)	Relación Est./FL	
									Lec. Dial	Fac. Aro	Correc.	Kgr. Corr.			
1	1238,6	1240,0	507,9	2,439	16,2	4,7	70,8	6,26	103	11,13	1,023	1173	3,50	3351	
2	1247,9	1250,7	510,1	2,446	16,0	4,4	72,2	6,23	95	11,13	1,030	1089	3,40	3203	
3	1249,7	1251,0	509,9	2,451	15,8	4,3	73,0	6,26	114	11,13	1,023	1298	3,70	3508	
4	1246,9	1248,7	510,7	2,442	16,1	4,6	71,3	6,28	92	11,13	1,018	1042			
Promedios				2,444	16,0	4,5	71,8						1187	3,53	3354
Relación Filler / Betún:								1,17%	Estabilidad Residual:			87,8%			

Fig. 4-14 Ensayo de estabilidad y fluencia

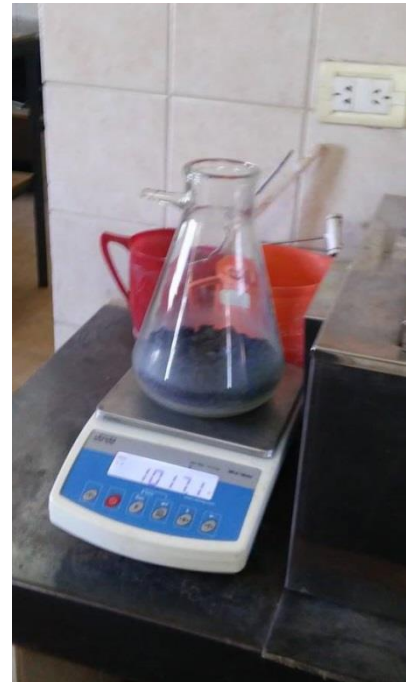
4.5.1.3 Densidad Rice

Una vez que finalizamos con el ensayo de estabilidad y fluencia, continuamos con el ensayo para determinar la densidad teórica máxima (sin vacíos) de la mezcla, también conocida como densidad rice.

A continuación se comenta brevemente el procedimiento que llevamos a cabo para obtener este valor:

Para comenzar desmenuzamos la mezcla en grumos y la colocamos en un recipiente llamado Kitasato, luego pesamos el conjunto – Imagen 4-6 -. Una vez anotado dicho valor, llenamos el recipiente con agua y lo conectamos a una bomba de vacío – Imagen 4-7 - hasta que se desprendieron todas las burbujas de aire de su interior. Una vez que finalizamos esta operación llenamos el frasco hasta el nivel determinado por el extremo de la varilla del enrasador y lo pesamos.

En la figura 4-15 puede observarse los valores que medimos durante el ensayo y el valor de densidad rice que fue de 2,560.



Imag. 4-6 Pesaje del Kitasato y la muestra



Imag. 4-7 Muestra conectada a bomba de vacío

DENSIDAD RICE	
Peso frasco sumergido	3402,3
Peso material	1253,5
Peso frasco sum.+ material	4655,8
Peso frasco + mat. s/vacios	4166,2
Volumen	489,6
Dens. Rice	2,560

Fig. 4-15 Ensayo de densidad rice

4.5.1.4 Contenido de Asfalto

Este ensayo lo realizamos mediante una metodología conocida como el método de Abson. Este método se basa en la utilización de un extractor de Abson – Imagen 4-8 - que es básicamente un cuerpo cilíndrico con base de fibrocemento que en su parte superior tiene un refrigerante y en la parte inferior lleva un sistema de calefacción.

Para realizar este ensayo colocamos dentro del Abson la mezcla asfáltica a ensayar junto con un reactivo llamado tricloretileno. Dejamos funcionar el extractor durante el tiempo necesario para que la lluvia del solvente condensado al caer sobre la muestra produzca el arrastre del asfalto. Luego de un tiempo determinado procedimos a la apertura del extractor y retiramos el agregado pétreo que se encontraba libre de betún. Mientras que dentro del Abson permanecía el asfalto disuelto en tricloretileno que debimos centrifugarlo para lograr su separación.

Luego procedimos a obtener los valores que se observan en la figura 4-16 y llegamos a la conclusión que el contenido de asfalto de la mezcla ensayada era aceptable ya que se aproximaba en gran medida al 4,8% necesario.



Imag. 4-8 Extractor Abson

CONTENIDO DE ASFALTO.	
Equipo	899,4
Equipo + Mezcla	2261,2
Mezcla	1361,8
Eq. + Mezcla s/ asf.	2158,6
Mezcla s/asf.	1250,2
Vasos + Finos	728,8
Tara vasos	690,4
Finos	38,4
Total Mezcla s/ asf.	1297,6
Grs. Asfalto	64,2
Cont. Cem. Asfáltico [%]	4,7%

Fig. 4-16 Ensayo para determinar el contenido de asfalto

4.5.1.5 Curva Granulométrica

Finalmente, realizamos un ensayo de granulometría al agregado de la muestra que se obtuvo mediante el método de Abson. Para esto se utilizaron diferentes tamices determinado el porcentaje de retenido para cada uno de ellos. El resultado junto con el grafico puede observarse en la imagen a continuación, que nos indica que la muestra se encontraba dentro de los límites y que era aceptable.

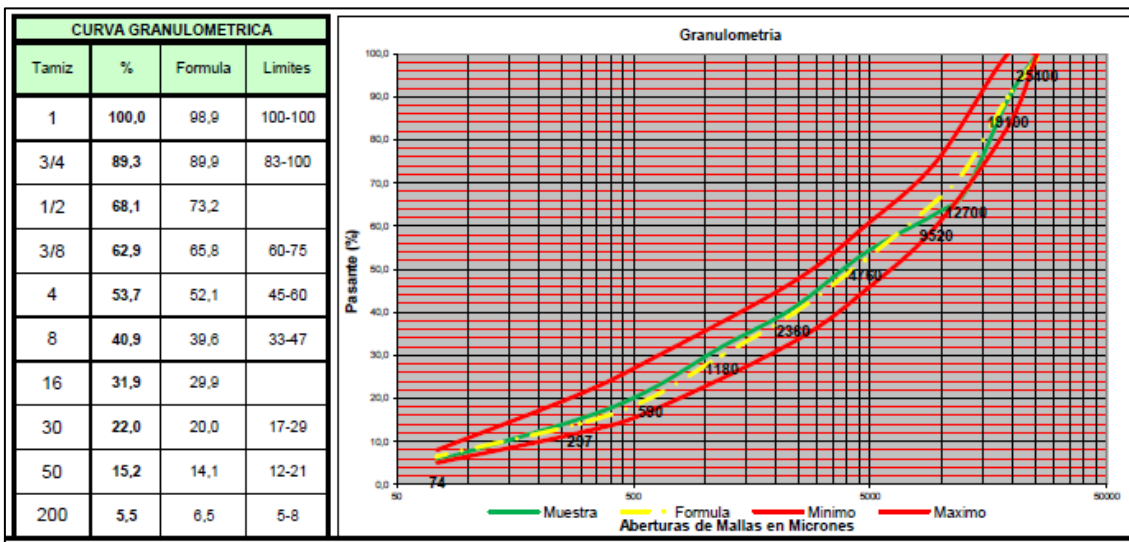


Fig. 4-17 Curva granulométrica de la muestra de base negra

Finalmente, luego de realizar todos los ensayos de control y observando que la mezcla asfáltica cumplía con todos ellos, pudimos dar como "Aceptada" la muestra.

5 CONCLUSIÓN DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA

La experiencia de la Práctica Profesional Supervisada fue sumamente útil para comprender como funciona el proceso de rehabilitación y control de calidad de una obra vial, siendo testigo de todas las etapas y partícipe del mismo.

Tuve la oportunidad de aplicar los conceptos aprendidos durante la carrera, adquiriendo mayores conocimientos respecto de los materiales utilizados en una obra vial y de los parámetros que los definen.

Por otro lado, lo aprendido en forma teórica en las diferentes materias de la carrera, me permitió implementar un juicio crítico de las tareas y formas de construcción llevadas a cabo en la obra, así como también poder realizar una crítica al trabajo de control de calidad realizado. A continuación se realiza en forma breve, un análisis de lo mencionado anteriormente.

Respecto al paquete estructural: Como se mencionó en la sección 2-4 de la presente Practica Supervisada, el paquete estructural propuesto y utilizado se encontraba compuesto por una subrasante pétreo 100-300, dos bases granulares, una base negra y una carpeta de asfalto con polímero. Si bien, esta estructura es satisfactoria, debido al alto tránsito que circula por esta autopista así como también la cantidad de camiones y vehículos de gran porte que circulan por este carril (carril lento de la autopista), se justifica en pos de aumentarle la vida útil a la rehabilitación realizada, un tratamiento químico de la base y del suelo de apoyo.

Tratamiento al suelo de apoyo: Este suelo que fue descrito en la sección 4-2 presentaba una buena capacidad para ser utilizado como suelo de apoyo, pero por las razones que se comentaron anteriormente, hubiese sido útil trabajar con un *suelo-cal*. Este suelo-cal está formado por el mismo suelo de apoyo más un 6% de cal aproximadamente y trae ventajas de varios tipos logrando una modificación y estabilización del mismo.

La modificación o mejora del suelo aprovecha los efectos que la cal produce sobre el suelo de manera inmediata o a corto plazo. El efecto más deseado en este tipo de obra sería el de lograr un aumento en la permeabilidad y la trabajabilidad del suelo.

Por otro lado, la estabilización persigue la alteración del comportamiento mecánico del suelo para conseguir una resistencia estructural mayor. Esta estabilización lograría un aumento en la vida útil de la autopista ya que la misma tendría mayor capacidad de soportar las cargas que el tránsito pesado le transmite.

Tratamiento de las bases granulares: La descripción de la base granular puede verse en la sección 4-4 del presente trabajo. En este caso, con los mismos objetivos que se buscaban en el suelo de apoyo, hubiese sido ventajoso utilizar un *suelo-cemento*. El suelo cemento es una mezcla de la base granular con un 8% de cemento portland. Esta modificación le daría a la base una gran estabilización lográndose mejoras en la impermeabilidad, resistencia y durabilidad.

Respecto al control de calidad: Se puede decir que en general, el control de la obra fue bueno ya que se realizaban los ensayos necesarios para cada uno de los materiales a utilizar y se rechazaba en aquellos casos en que no cumplía con los valores exigidos por norma. Como crítica cabe destacar que fueron inexistentes los controles de la base negra in situ. Estos controles son importantes ya que determinarían las características del pavimento una vez colocado en su disposición final. Hubiera sido recomendable realizar los siguientes ensayos:

Ensayo de deflexión recuperable con regla Benkelman: Este método buscara analizar las deformaciones y deflexiones obtenidas como respuesta a una carga sobre la superficie del pavimento. Estas deflexiones, junto con otros parámetros, pueden dar una idea del estado estructural del pavimento.

Extracción de testigos: Hubiese sido de mucha utilidad realizar una extracción de probetas cada una distancia determinada para poder determinar los espesores reales de la base negra así como también someter estas probetas a un ensayo de estabilidad y fluencia para corroborar que cumplan con los valores deseados.

Como forma de conclusión de la Practica Supervisada es de interés destacar que los objetivos planteados al comienzo de la misma fueron satisfactoriamente cumplidos y que la experiencia laboral fue un gran aporte a la formación profesional y personal sirviendo de transición entre la vida de estudiante y la de profesional.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Cátedra de Transporte III, FCEFyN, UNC (2014) - Apuntes de Clases
- Dirección Nacional de Vialidad (1998) - Pliego de Especificaciones Técnicas Generales - D.N.V.
- Dirección Nacional de Vialidad (1979) - Normas de Ensayos de Vialidad Nacional
- Fundamentos de la Ingeniería Geotecnia – Braja M. Das