



UNC

# INFORME TÉCNICO FINAL

Práctica Profesional Supervisada

UNIVERSIDAD NACIONAL de CÓRDOBA

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

## Movilización y manejo de Planta Asfáltica Rehabilitación RP N°6

**AUTOR** Eduardo J. Nihoul

**TUTOR** Ing. Miguel Rico

**SUPERVISOR EXTERNO** Sr. Matías Peñaloza

**Setiembre 2013**

## RESUMEN

El presente Informe Técnico Final corresponde a la descripción de la tarea realizada por el alumno Eduardo J. Nihoul en el marco del desarrollo de su Práctica Profesional Supervisada.

En la misma, desarrollada dentro de la empresa de obras y servicios Pablo A. Federico, participó del traslado, acondicionamiento y puesta en marcha de la planta asfáltica con la cual se abastece de material la obra de Rehabilitación de la Ruta Provincial N°6 tramo Hernando-Dalmacio Vélez.

En primer lugar se hace una breve introducción a la obra, su entorno, origen, y los factores que determinan su necesidad. Posteriormente se limita el alcance de las labores realizadas por el practicante.

Se describen entonces todos los pasos previos y posteriores que debieron realizarse para poder concretar la tarea, como así también las habilitaciones y permisos que fue necesario obtener.

Posteriormente se abordan y describen las actividades inherentes al manejo de la planta asfáltica durante la operación corriente. Estas tareas involucran la logística de aprovisionamiento y operación, como así también el manejo de los stocks de materiales.

Finalmente se aborda el tópico relativo al autocontrol de calidad, tanto de materiales al ingreso como de la mezcla ya elaborada, vinculando las tareas realizadas con lo estipulado por los pliegos propios de la obra.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	6
2. GENERALIDADES DE LA OBRA.....	8
2.1 UBICACIÓN.....	8
2.2 ENTORNO.....	9
2.3 DESCRIPCIÓN – BREVE ANÁLISIS DEL PLIEGO.....	12
2.4 INGRESO DEL ALUMNO A LA OBRA - ALCANCES PS.....	15
3. PLANTA ASFÁLTICA.....	17
3.1 GENERALIDADES.....	17
3.2 COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO.....	17
3.2.1 Tolvas de alimentación en frío con alimentador del horno secador.....	17
3.2.2 Horno secador.....	19
3.2.3 Módulo de clasificación y mezclado .....	21
3.2.4 Tanques de almacenamiento.....	23
3.3 HABILITACIÓN DE PLANTA.....	25
3.3.1 Tanques de almacenamiento.....	25
3.3.2 Recintos.....	26
3.3.3 Instalaciones y equipos eléctricos.....	27
3.3.4 Distanciamientos.....	28
3.3.5 Rol de incendio.....	28
3.3.6 Sistemas contra incendios.....	28
3.3.7 Señalética.....	29
3.4 TRANSPORTE DE PLANTA.....	30
3.4.1 Relevamiento previo – Replanteo.....	30
3.4.2 Apoyos – Cálculo y construcción.....	31

3.4.3 Desarmado – Acondicionamiento para traslado.....	33
3.4.4 Permisos y formularios de traslado.....	34
3.4.5 Traslado.....	35
3.4.6 Montaje.....	36
3.4.7 Calibrado.....	37
3.4.8 Modificaciones y reparaciones.....	39
3.4.9 Aspecto económico.....	41
4. MANEJO DE STOCKS Y OPERATORIA DE PLANTA.....	43
4.1 INGRESOS .....	43
4.1.1 Control de Triturados Graníticos.....	43
4.1.2 Control de Arena silíceo.....	44
4.1.3 Control de Asfalto.....	44
4.2 PLANILLAS – SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	45
4.2.1 Planillas de ingreso.....	45
4.2.2 Planillas de egreso.....	47
4.2.3 Planillas diarias – Stock disponible.....	50
4.3 VERIFICACIONES DE STOCK.....	51
4.3.1 Áridos.....	51
4.3.2 Asfalto.....	53
4.4 LOGÍSTICA DE APROVISIONAMIENTO.....	55
5. AUTOCONTROL DE CALIDAD.....	57
5.1 EQUIPAMIENTO - LABORATORIO.....	57
5.2 CONTROL DE CALIDAD MATERIALES AL INGRESO.....	61
5.2.1 Control de Triturado Granítico.....	61
5.2.2 Control de Arena Silíceo.....	62

5.2.3 Control de Asfalto.....	62
5.3 CONTROL DE CALIDAD DE MEZCLA ASFÁLTICA SALIENTE.....	62
5.3.1 Estabilidad Marshall y fluencia - Análisis de densidad y vacíos.....	63
5.3.2 Recuperación de asfalto (tenor asfáltico de la mezcla).....	65
5.3.3 Granulometría.....	66
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
BIBLIOGRAFÍA.....	69
ANEXOS	

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde a la Práctica Profesional Supervisada llevada a cabo por el alumno Eduardo Juan Nihoul en la Rehabilitación de la Ruta Provincial N°6 Tramo Hernando-Dalmacio Vélez.

Dicha Práctica se realizó bajo la modalidad PSERD (en relación de dependencia) ya que el alumno fue efectivizado como empleado de la empresa FEDERICO PABLO AUGUSTO, encargada de la realización de la obra.

La empresa es oriunda de la ciudad de Córdoba, y en la actualidad se desempeña en diversas áreas dentro del rubro de la construcción. En sus comienzos se desarrollaban fundamentalmente movimientos de suelo, pero con el correr de los años se fue ampliando el espectro de prestaciones y a la fecha se realizan tanto obras públicas como privadas, de arquitectura e ingeniería, como así también venta de asfalto y hormigón. En la actualidad se pueden mencionar las siguientes obras y servicios a cargo de la empresa:

- Desagüe Bunge – Ciudad Universitaria y Avenida Vélez Sarsfield
- Servicios de Parquización y hormigonado en el cauce del Río Suquía – Obra Provincial
- Ciclovía Av. Hipólito Yrigoyen, Av. Chacabuco y Av. Leopoldo Lugones – Obra Municipal
- Servicio de movimiento y transporte de materiales en el predio de enterramiento sanitario de Bower – Concesión de la Municipalidad de Córdoba
- Asfaltado de calles en los municipios de Montecristo y Calera.
- Obras de bacheo para la Municipalidad de Córdoba y para la Dirección Provincial de Vialidad
- Rehabilitación Ruta Provincial N°6, tramo Hernando-Dalmacio Vélez

Las tareas consignadas en este informe fueron las llevadas a cabo entre los días lunes 22 de abril de 2013 y viernes 7 de junio de 2013. Sin embargo el vínculo entre la empresa y el alumno ya venía desde antes y prosiguió en el tiempo.

Por parte de la empresa el tutor externo fue el Señor Matías Peñaloza, que se desempeña como jefe de dicha obra. El tutor académico fue el Ing. Miguel Rico, perteneciente a la Cátedra de Transporte III de la FCEFyN, ya que el tema abordado abarca fundamentalmente contenidos propios de la rama vial de la carrera.

La obra se encuadra en un plan del Gobierno de la Provincia de Córdoba, que a través de la Dirección Provincial de Vialidad pretende mejorar el estado de varias rutas dentro de la extensión de la provincia.

Concretamente, las obras en cuestión son las que se enumeran a continuación:

- Ruta Provincial 4: Reconstrucción tramo Santa Eufemia –La Carlota.

- Ruta Provincial 3: Reconstrucción tramo Bell Ville – Justiniano Posse.
- Ruta Provincial A-174 Reconstrucción tramo Villa Retiro – Colonia Tirolesa.
- Ruta Provincial 34. Conservación Camino Altas Cumbres.  
Tramo: Copina – Intersección RP 14.
- Ruta Provincial 26 Reconstrucción tramo Villa Huidobro – Huinca Renancó.
- Ruta Provincial 30 Reconstrucción tramo Río Cuarto – Achiras.
- Ruta A-174 Reconstrucción tramo Villa Retiro - Colonia Tirolesa.
- Ruta Provincial 10 Reconstrucción tramo Río Primero – Villa Santa Rosa de Río Primero – La Puerta

Los trabajos en rutas del territorio cordobés significan una inversión de más de \$332 millones de pesos por parte del Estado Provincial. La totalidad de los fondos provienen de lo recaudado por la Tasa Vial a los combustibles, que se aplica en toda la extensión de la provincia.

Las actividades llevadas a cabo durante el desarrollo de la Práctica Supervisada se enfocaron, en una primera etapa, en el traslado de la Planta Asfáltica desde la sede de la empresa en la ciudad de Córdoba hasta el predio ubicado en la localidad de Dalmacio Vélez, las refacciones y puesta a punto de dicha planta y el calibrado de la misma. Posteriormente se desarrollaron tareas de control de stock de materiales y labores de autocontrol de lo producido y colocado en obra, en el laboratorio del obrador.

## 2. GENERALIDADES DE LA OBRA

### 2.1 UBICACIÓN

La obra se localiza en el departamento Tercero Arriba, pedanía Punta del Agua, en el centro-oeste de la provincia de Córdoba.

El tramo de la Ruta Provincial N°6 intervenido es el que va desde la intersección con la Ruta Provincial N°10, en el acceso a la ciudad de Hernando hasta la intersección con la Ruta Nacional N°158, en las proximidades de la localidad de Dalmacio Vélez.

La zona se caracteriza por ser el principal polo productor de maní en la región, lo que implica un incesante tránsito de camiones que transportan el cultivo. A su vez el tramo en cuestión forma parte de la ruta utilizada por los transportes de áridos que van desde las canteras de la zona de Río Tercero hacia la provincia de Santa Fe, en particular hacia la ciudad de Rosario.



Fig. 2.1- Provincia de Córdoba y zona de obra

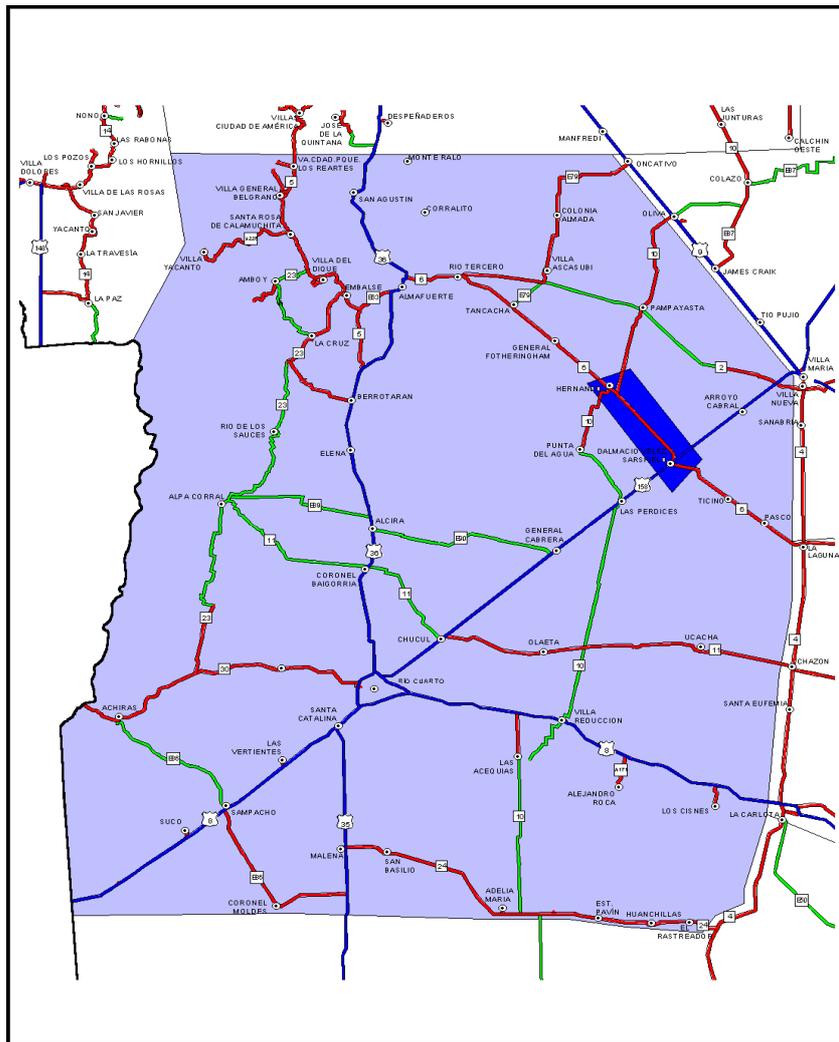


Fig. 2.2 Red vial en zona de obra - Tramo intervenido

## 2.2 ENTORNO

Tal como se mencionó anteriormente la obra se enmarca en un plan de recuperación, por parte de la Dirección Provincial de Vialidad, de numerosas rutas provinciales, que se encuentran en un estado de deterioro tal que generan mermas considerables en los niveles de servicio. A su vez también se busca darle mayor calidad de operación a aquellas zonas particularmente productivas en términos económicos, de modo tal de favorecer el intercambio de materias primas y productos elaborados. Este proyecto es llevado a cabo con fondos provenientes de la Tasa Vial instaurada en 2012.



Fig. 2.3 Cartel de Obra donde se consigna el financiamiento

Concretamente este sector es atravesado por numerosos transportistas que trasladan maní, soja y otros cultivos con fábricas en la zona o en otras regiones. La presencia de la planta principal de AGD en la localidad de General Deheza, cita a 25km del tramo, como así también de la planta manisera de Dalmacio Vélez hace que este sector de la RP N°6 tenga un elevado tránsito. A su vez, por encontrarse este tramo dentro del itinerario de los camiones que llevan áridos desde las canteras próximas a Río Tercero hacia Río Cuarto, Rosario y toda la provincia de Santa Fe, se tiene un elevado deterioro del concreto asfáltico de la calzada. Es conocido el sobrepeso que estos camiones reportan, a tal punto de tener equipos de chasis-acoplado que transportan cargas netas próximas a las 70tn, que sumadas a la tara del equipo alcanzan las 100tn muy superiores a las 45tn brutas permitidas por las reglamentaciones de la Dirección Nacional de Vialidad, para las configuraciones de ejes convencionales. (LEY 24.449-DECRETO 779/95-DECRETO 79/98-RES. S.T. 497/94)

La ruta provincial fue inaugurada en el año 1984, y en lo sucesivo contó con varias mejoras o rehabilitaciones, en particular el tramo comprendido entre Hernando y Dalmacio Vélez, que es el más solicitado y el que en peor estado se encuentra. Diariamente transitan por el mismo 6200 automóviles, 1200 camiones y unos 500 utilitarios aproximadamente, según datos que pudieron ser recabados de la propia estación de peaje que se encuentra en el mismo.

La última rehabilitación fue efectuada entre los años 2010 y 2011, por la empresa cordobesa A.P.E. SA, y consistió en la remoción, mediante fresado de la carpeta de rodamiento existente y bacheo con concreto asfáltico fino. Se trabajó un ancho de 2,5m en un tramo de 10km aproximadamente en la trocha que va desde Hernando hacia Dalmacio-Vélez, como se puede observar en la Imagen 1.3. Los fondos necesarios para dicha obra los aportó la DPV, pese a estar la ruta concesionada.



Fig. 2.4. En la izquierda se observa la intervención realizada por APESA

La concesión de la RP6 se originó en 1997 y la instalación de las cabinas de peaje se realizó en 1999 y el adjudicatario de la misma fue el Ente Intermunicipal y Comunal Ruta Provincial N°6. En los últimos años y ante la imposibilidad del ente de reajustar las tarifas se generaron fricciones con el gobierno de la Provincia de Córdoba, que se vieron medianamente subsanadas con la readecuación tarifaria autorizada en el año 2012.



Fig. 2.5 Estación de peaje Dalmacio Vélez

Sin embargo, y pese a que la tarifa aumentó de \$1,9 a \$3, el Ente Intermunicipal siguió operando con pérdidas que alcanzaron los \$300.000 mensuales, que le impedía realizar

las tareas mínimas mantenimiento, como así también cumplir con las obligaciones con sus empleados, con proveedores y entes recaudatorios. Esto llevó a que en el pasado mes de mayo se determinara una deuda próxima a los \$12.000.000 de pesos (fundamentalmente con la Caja de jubilaciones y con la Provincia de Córdoba) lo que produjo que el Ente Intermunicipal acordara con la Provincia la finalización del contrato de concesión de la Ruta Provincial N°6. En lo inmediato se conformó una Comisión Provisoria que se hará cargo de la administración de la ruta hasta tanto se finalicen los trámites de concesión de la misma. Esta Comisión, presidida por la Intendente de la localidad de Los Surgentes, Paula Córdoba, será la encargada momentáneamente del personal que se desempeña en los peajes.

### **2.3 DESCRIPCIÓN – BREVE ANÁLISIS DEL PLIEGO**

En el contexto antes mencionado, la obra desarrollada por la empresa Federico en el tramo Hernando - Dalmacio Vélez consiste en la intervención de los 23km pertenecientes a la RP6 que se extienden desde la salida de la rotonda de ingreso a Hernando hasta la intersección con la Ruta Nacional 158 en la afueras de la localidad de Dalmacio Vélez. Se trata de una obra licitada en el año 2011, cuyo presupuesto oficial ascendía a \$22.803.209,21 y que fue adjudicada a la empresa por una oferta de \$28.600.000, ganándole la compulsa a las empresas Rovial, APESA, Boetto y Butigliero y Alquimac.

Para la realización de la obra, el pliego contempla un plazo de 18 meses a partir del inicio de las tareas. Las mismas iniciaron en el mes de octubre de 2012, con lo cual la obra debe ser entregada en marzo de 2014.

En lo que hace a la faz estrictamente técnica, primeramente se efectúa la remoción de la carpeta existente en un ancho variable, que puede ir de 1m a 2m, en ambas manos de la calzada. El espesor de fresado oscila entre los 6cm y 13 cm, según las condiciones propias de la mezcla existente en el sector y de la necesidad o no de llegar hasta la base granular. Posteriormente se efectúa el bacheo de esa superficie y un sobrecancho de 25cm en cada trocha, ejecutado con base negra. Existen sectores donde el ancho a intervenir alcanza la totalidad del carril. Por encima de este bacheo se colocan dos capas de mezcla asfáltica; la primera es una base negra de 6cm de espesor y la segunda, la carpeta de rodamiento, de unos 3 ó 4cm de mezcla asfáltica fina. Entre la antigua calzada (o la base, según el tramo) y la nueva capa de mezcla asfáltica se efectúa un riego de liga con emulsión asfáltica. A continuación, en la imagen 2.6 se indica el perfil transversal a desarrollar.

## PERFIL TRANSVERSAL A DESARROLLAR

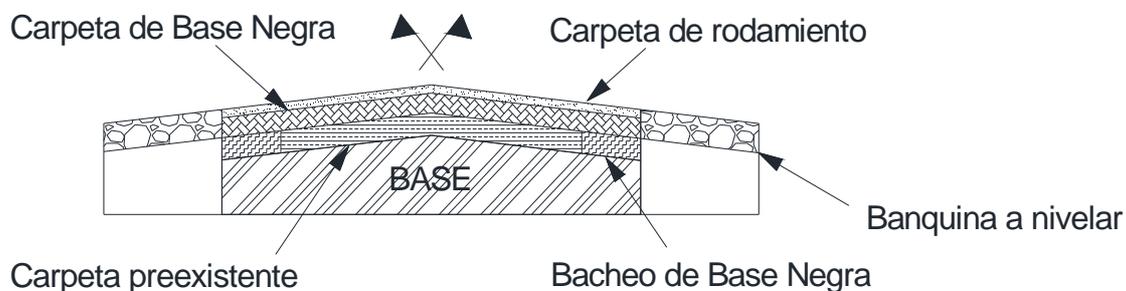


Fig. 2.6 Perfil transversal que establece el pliego

En aquellos sectores donde se evidencia una marcada deformación de la calzada, se fresa hasta la base granular y una vez allí la inspección evalúa la capacidad portante de la misma. En caso de estar muy deteriorada y contar con poca resistencia frente a las cargas solicitantes se realiza una intervención de la misma mediante suelo-cemento.

Durante el tiempo de realización de la Práctica Supervisada, parte de las tareas de fresado y restitución con base negra fueron subcontratadas a la empresa FOROBRA S.A. con el fin de tener dos frentes de avance que determinen un mayor ritmo de avance.



Fig. 2.7 Fresado de extremo de calzada existente, bacheo con base negra y restitución de banquina. Tareas subcontratadas a FOROBRA SA.

Los ítems que involucran la colocación de mezcla asfáltica se computan por tonelada, el fresado de la calzada se computa por metro cúbico y los relativos a la ejecución de suelo cemento mediante la provisión de cemento por tonelada, y como horas hombre para la ejecución de bacheo manual.

Fig. 2.8 Realización de carpeta de base negra sobre calzada existente. Trabajos efectuados de a una trocha por vez.

En virtud de que en varios sectores la banquina se encuentra descalzada, y que producto de la elevación de la calzada se tendrá un desnivel entre carpeta y banquina, forma parte de la obra la readecuación y el perfilado de la misma. Dicha tarea es llevada a cabo en simultaneo con la ejecución de las distintas etapas de la calzada. Este ítem se considera como ejecución de terraplén compactado y se certifica mediante los metros cúbicos colocados y las horas de motoniveladora insumidas en su realización.

Dentro de la obra también se consideran algunos anexos particulares como ser la realización de los ingresos a los campos a la vera de la ruta en el tramo intervenido, como así también tareas de bacheo en la región, particularmente en la Ruta Provincial N°10 tramo Hernando – Punta del Agua y sobre la Ruta Provincial N°254 en el tramo que une Río Tercero con la localidad de Corralito.

Una vez concluidas las tareas de fresado y ejecución de carpeta propiamente dicha, también forman parte de la obra los ítems correspondiente a la señalización de la misma, ya sea horizontal como vertical. En lo que respecta a la señalización vertical, se entiende que deberán ser colocadas de acuerdo a lo que establecen los planos del proyecto, sujeto a posibles intervenciones según el criterio de los inspectores de la DPV. Las chapas y aceros, así también como los postes deben ajustarse a lo que indica la normativa correspondiente y la pintura debe ser reflectiva obtenida con esferas de vidrio distribuidas. Este ítem se computa por metro cuadrado de señales colocadas.

La señalización horizontal, al igual que la vertical, deberá ajustarse a lo que establece el pliego, pero redundará en la demarcación de las líneas exteriores de los carriles y la divisoria central, todas ellas ejecutadas con pintura termoplástica reflectiva con esferas de vidrio, que deberá colocarse según las técnicas constructivas tradicionales y con el equipo adecuado. Este ítem también se computa por metro cuadrado, y en este caso es subcontratado a una empresa especializada en la actividad.

## **2.4 INGRESO DEL ALUMNO A LA OBRA - ALCANCES PS**

El alumno Eduardo Nihoul ingresó a la empresa Pablo A. Federico a principios del año 2013 realizando durante el primer mes una inducción en la operatoria de la misma. Esta actividad consistió en una recorrida por las distintas obras, explicación de las mismas por parte de los encargados, primer contacto con el personal, conocimiento de equipos y maquinarias, procesos constructivos, etc. Del mismo modo, también formó parte de la actividad preliminar la recorrida y el acercamiento a las diversas tareas realizadas en la planta que la empresa posee en barrio Los Boulevares, de la ciudad de Córdoba. Allí se familiarizó con el funcionamiento de las plantas de asfalto y hormigón, la logística de aprovisionamiento, la logística de distribución, el funcionamiento del taller, las tareas técnicas y administrativas, los procesos de licitación y demás actividades que hacen al desarrollo de la actividad.

El hecho de ser tomado como empleado en relación de dependencia determinó que la modalidad de la Práctica Supervisada sea PSERD.

Posterior al proceso de inducción a la empresa, el alumno acordó con sus superiores su asignación a la obra de Rehabilitación y Conservación de la ruta provincial 6 tramo Hernando-Dalmacio -Vélez, incorporándose a la misma en el mes de marzo de 2013, motivo por el cual tuvo que trasladarse y comenzar a residir en la primer localidad del interior provincial.

Como primer tarea tuvo a su cargo el traslado de la planta desde la planta de la empresa hacia el obrador de la localidad de Dalmacio Vélez, que se efectivizó a partir del mes de abril, posteriormente participó en las tareas de montaje y puesta a punto de la misma. Ya en el mes de mayo se trabajó sobre la puesta en funcionamiento y calibración de la misma, conjuntamente con tareas de reparaciones varias.

En el segundo tramo de la práctica se le encargó la labor de llevar adelante el control de stock, verificando la entrada y salida de materiales y mezcla asfáltica. Relativo a esto último, una de las tareas efectuadas era establecer la logística de aprovisionamiento del tramo, como así también la de abastecimiento de la planta.

Por último, durante la etapa de producción, el practicante se desempeñó como asistente de laboratorio, colaborando con la rutina de ensayos y actuando en conjunto con la

inspección y el encargado de laboratorio en la adopción de medidas correctivas para plasmarlas en la operación de la planta y obtener una mezcla con los estándares de calidad deseados.

Entonces con lo expresado precedentemente se delimitarán los alcances del informe de esta Práctica a los siguientes tópicos:

- Planta Asfáltica
- Manejo de stocks y operatoria de planta
- Autocontrol de calidad

### **3. PLANTA ASFÁLTICA**

#### **3.1 GENERALIDADES**

La planta asfáltica trasladada desde la sede de la empresa hacia el obrador, en la localidad de Dalmacio Vélez, es una Parker Plant Serie 5 modelo 1979. Es de origen inglés y consta de tres cuerpos que hacen a la planta en sí: el módulo de tolvas de áridos, el módulo horno y por último el módulo de clasificación y mezcla. Conectado a este último por medio de tuberías se encuentran los tanques de asfalto que almacenan la provisión del mismo, en el caso particular de este obrador, contaba con tres tanques.

Se trata de una planta móvil que opera por pesada, con una producción que puede alcanzar las 100tn/h. Ha sido diseñada para suministrar una movilidad total por semirremolque a las tolvas de alimentación en frío con el alimentador del secador (cinta transportadora) sobre un chasis, el secador, quemador y los ciclones primarios sobre un segundo y la sección de mezclado sobre un tercero.

Mientras operó en la ciudad de Córdoba, lo hizo con una producción máxima que alcanzaba las 200tn al día, dedicándose fundamentalmente a la venta de mezcla asfáltica a entes comunales o concesionarios de la red vial de la zona. También abastecía las distintas requisitorias de la empresa, que generalmente eran obras de bacheo o pavimentaciones menores para algunos municipios o cooperativas. En una primera instancia de la obra proveyó de mezcla a las tareas de bacheo realizadas en la RP6, pero fue solo de modo provisorio, para poner en marcha la obra debido a que los costos de 150km de flete aumentaban considerablemente los valores cotizados y hacían perder a la empresa la rentabilidad calculada.

Esta planta forma parte del activo de la empresa desde el año 1999, en el que fue adquirida en un remate de maquinarias.

#### **3.2 COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO**

Tal como se consigno en el apartado anterior, la planta propiamente dicha consta de 3 cuerpos ó módulos más el sistema de almacenaje y alimentación de asfalto en caliente.

A continuación se realiza una breve descripción de cada uno.

##### **3.2.1 Tolvas de alimentación en frío con alimentador del horno secador**

Este módulo representa el ingreso del material a la planta, desde el acopio se cargan los distintos áridos en las tolvas destinadas a cada uno y desde allí se descargan de modo graduado para alimentar el horno secador. Consta de una estructura metálica que alberga

cuatro tolvas cuadradas de 2,5m x 2,5m en su parte superior, donde se arrojan mediante cargadora frontal las distintas fracciones de triturados que conforman la mezcla. Los depósitos tienen forma tronco piramidal con una profundidad aproximada de 1,2m, lo que determina que pueden albergar un volumen de aproximadamente 3m<sup>3</sup>, que puede aumentarse en un 25 o 30% si se considera el cono saliente en la parte superior.

En el caso puntual de esta planta se tienen cuatro tolvas que albergaban respectivamente:

\*Triturado granítico 0-6 (arena de trituración)

\*Triturado granítico 6-19

\*Triturado granítico 20-30

\*Arena silíceo



Fig. 3.1 Tolvas de alimentación

Cada una de las tolvas está calibrada para aportar a la planta la cantidad adecuada de material de entrada, de modo tal que no se tengan excesivos rechazos en el proceso de zarandeado. El proceso de calibrado se verá más en detalle en capítulos subsiguientes.

Dada las características propias de cada fracción de árido, el mecanismo de descarga hacia la cinta transportadora que alimenta al horno es diferente, de modo tal de brindar un abastecimiento regular. Concretamente el dispositivo de descarga de la parte fina (0-6 y arena silíceo) consta de una caída con abertura regulable de unos pocos centímetros que deposita el material sobre una cinta transportadora secundaria de 1,5m de longitud donde el material se distribuye uniformemente y luego cae a la cinta transportadora principal. Este mecanismo tiene por objeto lograr un aporte uniforme de material como así también evitar la pérdida de la fracción más fina a causa de voladuras producto de una descarga brusca.

En el caso de la fracción gruesa, es decir 6-19 y 20-30, la descarga es directa. En el extremo inferior de la tolva se tiene una abertura regulable de mayor superficie (respecto de la fracción fina) desde donde los áridos descargan en forma directa hacia la cinta

transportadora principal. A su vez este mecanismo de descarga está provisto de un sistema mecánico vibratorio que agiliza la caída y mantiene el abastecimiento en forma regular pese a las obturaciones que suele sufrir la sección de descarga. Estas trabas se deben, generalmente, a la presencia de parte fina o filler adherido al agregado pétreo ó bien a la humedad propia del árido, que aumenta su fricción interna dificultando su movilidad. En algunos casos, y en especial si no se tienen zarandas de rechazos en el ingreso de las tolvas, suelen incorporarse cuerpos extraños que pueden obturar la salida del material.



Fig. 3.2 Mecanismo de descarga de fracción 6-19 dotada de sistema vibratorio.

Con los sistemas de descarga que se mencionan anteriormente se llena la cinta transportadora que alimenta al horno. La misma tiene una longitud total de 29m, con lo cual recorre una distancia de 14m en dirección horizontal y posee una pequeña elevación en su último tramo que coincide con el ingreso al horno secador. Su ancho es de 60cm, el exterior es de caucho y el alma es de material textil, a lo largo de su extensión, la superficie posee bastones dispuestos en tresbolillo y orientados diagonalmente o en forma de V, para facilitar el acarreo de los materiales.

Todos los dispositivos y motores trabajan mediante energía eléctrica provista por la línea trifásica que alimenta a toda la planta.

### 3.2.2 Horno secador

Es el dispositivo encargado de quitarle la humedad a los áridos, se trata de un cilindro de acero de 2,5m de diámetro aproximadamente por 10m de largo que en su interior contiene alas tipo tornillos sinfín que transportan el material desde su ingreso hacia la salida. Durante este camino, y debido a la temperatura que hay en su interior, se produce el secado del material. El mismo cuenta con una pendiente de unos 13° que colabora con el movimiento del material. Este horno es rotatorio, por lo tanto genera el transporte a

través del giro del cilindro, que es accionado mediante una cadena de 15cm de espesor vinculada al motor trifásico que la acciona.



Fig. 3.3 Horno secador de áridos rotativo.

En el extremo del mismo se encuentra el quemador, que es el dispositivo encargado de generar la reacción entre el combustible, que en este caso es Fuel Oil y el aire. Las tomas de aire son aberturas regulables desde el exterior que diariamente, y en función de la ubicación del horno y la velocidad del viento, deben ser calibras de modo tal de lograr la correcta y completa combustión, para alcanzar la temperatura interior deseada. Para que la mezcla asfáltica salga de la planta a una temperatura entre 155 y 165°C es necesario que abandone el horno a unos 175°C. En el caso de esta planta el operador debía prender y apagar el quemador alternativamente en función de la temperatura que le indicaba en termómetro interior, debido a que no contaba con un regulador automático de temperatura.



Fig. 3.4 Dispositivo quemador del horno.

Como se indicó anteriormente el quemador del horno trabaja con Fuel Oil, el mismo se acumula en un tanque independiente que lo envía al horno mediante una bomba propia a una temperatura de 70°C y una presión de 3kg/cm<sup>2</sup>. Para lograr esta temperatura el tanque de almacenamiento cuenta con un serpentín conectado a la caldera de aceite que mantiene a temperatura el combustible. Uno de los mayores inconvenientes que se tuvo en la puesta en marcha de la planta se dio justamente por no alcanzarse los 70°C de temperatura en el ingreso del fuel oil al horno. La merma en la temperatura en el tanque de almacenamiento determinaba un fluido más denso con lo cual, manteniéndose la presión constante, ingresaba más cantidad de combustible que la correspondiente. Esto redundaba en una llama mucho más intensa que disparaba la temperatura de los áridos muy por encima del valor aconsejado, al punto tal que se llegaron a registrar mediciones de 210°C a la salida del horno, haciendo que la mezcla alcanzara los 185°C. Esto determinó el rechazo de varias bateas de mezcla asfáltica por parte de la inspección.

Continuando con los componentes y el funcionamiento del horno secador, podemos mencionar los dos recuperadores de finos con los que cuenta, el de vía seca y el de vía húmeda. El de vía seca es una pantalla que se encuentra próxima a la salida del horno, donde se capta la fracción de fino en suspensión y se la conduce a un sinfín lateral que mediante su accionar la reincorpora al ingreso de los áridos. Su objetivo es que los finos en que se elevaron debido a su pérdida de humedad no se pierdan, sino que formen parte de la mezcla. La vía húmeda no actúa como recuperador de finos, sino como un filtro. Desde la captación se conduce la parte en suspensión a una torre donde el polvo es humedecido mediante una corriente de agua descendente. El material mojado se libera por la parte inferior hacia una pileta de acumulación de sólidos. El remanente de polvo en suspensión llega hasta el ciclón donde es impulsado hacia la atmósfera mediante una chimenea. En el montaje de la planta se dejó de lado la utilización de la vía húmeda dado que los filtros se encontraban dañados y el dispositivo no cumplía con su función.

### 3.2.3 Módulo de clasificación y mezclado

Es quizás el módulo más complejo de la planta. A él llegan los áridos secos provenientes del horno, los mismos llegan en cantidades acordes a la proporción en que intervienen en la mezcla. Son elevados mediante un acarreador hasta la parte superior y allí comienzan el camino de zarandeo que tiene por objetivo separar las fracciones intervinientes.

Se tiene cuatro mallas de distintas aberturas (3mm; 6mm; 19mm y 31 mm o bien en pulgadas 1/8"; 1/4"; 3/4" y 1 1/4") que separan el material en las siguientes fracciones:

-0 a 3mm

-3 a 6mm

-6 a 19mm

-19 a 31mm

El material que no logra atravesar la zaranda de 1 ¼" se considera rechazo y no forma parte de la mezcla. De este modo y con la clasificación recién mencionada se tienen cuatro fracciones de árido que se alojan en tolvas independientes. Una vez en las tolvas, el material es pesado mediante balanzas con celdas electrónicas y al alcanzar el peso correspondiente a la proporción del árido en la mezcla se vacía el compartimiento, descargando en un segundo sistema de acarreadores que transporta el material hacia el mezclador propiamente dicho. Así se tienen cuatro cortes que determinan la granulometría final de la mezcla.



Fig. 3.5 Módulo de clasificación y mezcla

El asfalto fluido proveniente de los tanques de almacenamiento, y a una temperatura de 150°C, es también pesado en una balanza propia e incorporado en el receptáculo mezclador donde se conforma la mezcla. Allí dentro y mediante un sistema constituido por paletas giratorias, se adhiere plenamente a la piedra caliente conformando una mezcla homogénea a una temperatura de 160°C aproximadamente. Luego de unos segundos de elaboración se produce la descarga del pastón en el camión. Cada uno de estos pastones tiene un peso aproximado de 1200kg.

La importancia de que las tolvas se encuentren debidamente calibradas radica fundamentalmente en que el proceso de elaboración sea lo más continuo posible. Si al módulo de zarandeo ingresan las fracciones de áridos en las mismas proporciones en que intervienen en la mezcla (planta bien calibrada) entonces las tolvas se llenan simultáneamente y no se debe esperar ningún componente, por lo tanto se pesan y se cargan al mezclador. En cambio, si la planta se encuentra mal calibrada se debe esperar el llenado de una tolva particular, estando las otras llenas. Esto incide no solo en la

discontinuidad del proceso, sino también en el hecho de que si las tolvas siguen incorporando material una vez llenas, el mismo es devuelto o rechazado al exterior. Por la disposición de las tuberías de salida, al darse el rechazo se mezclan componentes de distintos tamaños, lo que determina tener montículos de materiales que no encuadran en ninguna fracción y que no pueden ser reutilizados en el proceso productivo, es decir se pierde material.

Todos los dispositivos y motores pertenecientes al módulo de zarandeo y mezclado, tienen alimentación trifásica, provista por el grupo generador.

### 3.2.4 Tanques de almacenamiento

El último compartimiento es aquel en donde se encuentran los tanques de almacenamiento, tanto de asfalto como de gasoil y fuel oil.

El asfalto se almacena en tres tanques, cada uno de ellos posee una capacidad de 28000 litros, por lo tanto la dotación total alcanza los 84000 litros. Esto le da a la planta autonomía para producir algo más de 1500 toneladas de mezcla, que al ritmo de trabajo se corresponde a una semana y media. Estos compartimientos son doblemente cilíndricos, exteriormente tienen cobertura de chapa oscura y por dentro son de acero inoxidable. Entre las dos capas poseen un recubrimiento aislante, de lana de vidrio, de unos 15cm de espesor.



Fig. 3.6 Tanques de almacenamiento alojados dentro del recinto anti derrames. También se observa el tanque de reserva de gasoil que alimenta la caldera

Durante la operatoria, siempre se trabaja con el tanque 1 lleno, por ser el que se encuentra más próximo al módulo mezclador. El inconveniente de operar con los otros tanques radica en la distancia que hay entre los mismos y el módulo de mezcla. A la salida del recinto, el asfalto a 150°C se encuentra en estado líquido, muy fluido; sin embargo mientras recorre los 6 o 7 metros que lo separan de la balanza (que es el primer

receptáculo por donde pasa) la tubería que lo transporta actúa como radiador del calor del mismo, disminuyendo sustancialmente su temperatura. Es así que en días de baja temperatura ambiente, en unos pocos segundos se pueden tener mermas de hasta 20°C, lo que determina principalmente tres problemas:

-sobreesfuerzo de la bomba de asfalto, ya que al tener mayor viscosidad el fluido obliga al motor a trabajar mucho, poniéndolo al límite de su rotura.

-asfalto en la mezcla a muy baja temperatura, que ocasiona un descenso en la temperatura de la mezcla e imposibilita una plena adherencia entre el fluido y el árido, lo que sin dudas altera las características deseadas del concreto asfáltico.

-obturación de la balanza de asfalto, que esta calibrada para pesar un líquido de baja viscosidad, y que trabajando con asfalto frío bloquea sus compuertas.

Es por estas cuestiones que, en el caso puntual de esta planta, diariamente y al finalizar la jornada se transvasa asfalto desde los tanques 2 y 3 hacia el 1, de modo tal que este último se encuentre lleno al iniciar la jornada siguiente, y se opere utilizando solamente su contenido.

Como se mencionó anteriormente el cemento asfáltico se encuentra almacenado a una temperatura de unos 150°C, en tanques con aislación térmica. Sin embargo el aislante no es suficiente para conservar la temperatura de descarga del camión. Es por ello que cada uno de los tanques está provisto de dos sistemas de calefacción. El primero y fundamental es un radiador compuesto por tuberías de 1" en forma de serpentín por donde circula aceite, vinculado directamente a una caldera alimentada a gasoil. Este sistema actuando independientemente puede mantener la temperatura requerida para la operación. A su vez los tanques también cuentan con un sistema secundario de calefacción en base a resistencias, vulgarmente llamadas velas. Las mismas son un conjunto de cables conectados a la línea trifásica, durante la circulación de la corriente y en base a características propias de estos cables, se desarrollan en los mismos altas temperaturas que son disipadas en forma de calor hacia el medio líquido. Este sistema de calefacción es considerablemente más costoso y solo se pone en funcionamiento cuando se debe levantar la temperatura del cemento en un corto tiempo o ante eventuales salidas de servicio de la caldera.

Conjuntamente a los tanques de cemento asfáltico, el receptáculo también alberga el tanque de almacenamiento de fuel oil, que es consumido por el quemador del horno secador, de unos 30000 litros, y también un pequeño tanque de 5000 litros de capacidad, donde se aloja el gasoil con el cual opera la caldera. Según normas de la Secretaría de Energía el recinto que alberga los tanques debe cumplir con algunos requisitos básicos; el incumplimiento de los mismos es causal de inhabilitación de la planta, lo que determina que las petroleras no puedan efectuar las tareas de descarga de cualquiera de los combustibles.

En el siguiente apartado se expondrán parte de estos requisitos y el proceso de habilitación de una planta productora de mezcla asfáltica.

### 3.3 HABILITACIÓN DE PLANTA

La provisión de asfalto puede ser llevada a cabo por diferentes empresas, la mayoría de ellas son distribuidoras de las grandes compañías petroleras. Sin embargo el precio que manejan es sustancialmente superior al que ofrece YPF, que es la principal productora y comercializadora a nivel nacional. El monto de venta de la petrolera nacional hace que en un equipo se tengan ahorros de hasta \$20000. Es por este motivo que la mayoría de las plantas asfálticas son provistas por la empresa estatal, sin embargo por políticas de la empresa los camiones de YPF solo descargan en plantas que están aprobadas por la Secretaría de Energía de la Nación. Esta habilitación hace a los requisitos mínimos en cuanto a la higiene y seguridad de la planta, como así también al manejo de los derrames y residuos. Las especificaciones están contempladas en la Resolución S.E. N° 1102/04.

Las labores en obra tendientes a lograr la habilitación fueron llevadas cabo por el alumno en el marco de las actividades correspondientes a la realización de la Práctica Supervisada.

Los requerimientos fundamentales que se solicitan para la habilitación de la planta son los siguientes:

#### 3.3.1 Tanques de almacenamiento

- Carteles con identificación del compuesto, número ONU, número de riesgo y capacidad del mismo.
- Ruptores de vacío tipo cuello de cisne, caño galvanizado de 2".
- Válvulas de presión y vacío, funcionando y en buen estado.
- Descargas a tierra independiente para cada uno de ellos, cable verde con jabalina de 50cm como mínimo.
- Cañerías y accesorios en buen estado.
- Techo y envolvente general del tanque en buen estado, libre de corrosión.

La cartelera fue solicitada al área de compras de la empresa, mientras que las descargas a tierras fueron realizadas por el electricista de la misma. En cuanto a válvulas y ruptores de vacío, se debieron hacer pequeñas reparaciones debido a que los tanques ya se encontraban aprobados durante su operación en la planta de Córdoba.



Fig. 3.7 Tanques de almacenamiento con cartelería y ruptores de vacío.

### 3.3.2 Recintos

-Los tanques se deben alojar en un recinto impermeable que tenga una capacidad igual al 100% del más grande más un 50% de la sumatoria de las restantes . En este caso se consideró un volumen de 30000 litros más un 50% de 84000 litros, que arrojan un total de 72500 litros. Para ello se construyó un piletón, con fondo de hormigón impermeable de 20m x 10m x 0.6m que da un volumen de 120m<sup>3</sup>, lo cual excede ampliamente lo requerido por la norma. El interior del recinto se debe encontrar revocado, para que actúe como muro cortafuego ante un eventual incendio.

-Cisterna impermeable para almacenar pérdidas, con un volumen de 10% la sumatoria de los tanques. Teniendo tres tanques de 28000l y uno de 30000l, se construyó una cisterna enterrada, impermeable y revocada en su interior de 2m x 4m x 2m que aporta un volumen de 16m<sup>3</sup>, nuevamente excediendo la requisitoria.

Cuenta también con boca de acceso/inspección independiente.

-Recintos de bombas y calderas con piso impermeable y contención lateral para evitar propagación de derrames. Esto fue construido siguiendo los lineamientos sobre muros y piso, de modo tal que constituyan también una barrera a las llamas.

-Plataformas de descargas impermeables, con rejillas perimetrales para evacuar restos de las descargas. Vinculadas con cisterna mediante canaletas.



Fig. 3.8 Recinto anti derrames, impermeable con muros cortafuego.

### 3.3.3 Instalaciones y equipos eléctricos

-Tableros de operación con llaves térmicas e interruptores diferenciales de modo tal que faciliten y hagan más segura la operación. Se confeccionaron dos, para abastecer con facilidad a distintos sectores de la planta y evitar cableados demasiados largos. Las llaves térmicas al igual que los interruptores diferenciales se seleccionaron en función de la requisitoria de cada sector.

-Motores con caja cobertora cerrada herméticamente y de material aislante. En algunos casos se debió realizar la cubierta y la instalación de la misma de manera de aislar el motor, para su protección como también para la del personal que los opera. Se debió incorporar tableros de mando propios de los motores contiguos a los mismos.

-Iluminación adecuada, que permita la operatoria nocturna con seguridad. Para cumplir con esto se instalaron en la extensión de la planta torres de iluminación convencionales como así también reflectores centralizados en determinados sectores críticos.

-Cableado de motores subterráneo y protegido con forro aislante e ignífugo.

### 3.3.4 Distanciamientos

- Del límite de concesión:  $\frac{1}{2}$  diámetro, con un mínimo de 15 metros.
- De los caminos públicos: 1 diámetro, con un mínimo de 15 metros.
- De las vías férreas generales: 1 diámetro y  $\frac{1}{2}$ , con un mínimo de 45 metros.
- De las casas habitación e instalaciones industriales vecinas: 2 diámetros del tanque mayor.
- De los bosques circunvecinos: en una extensión de 150 metros.

Todas estas requisitorias ya estaban contempladas en el emplazamiento del obrador en sí, y de la disposición interna del mismo.

-Entre tanques, separación mínima de 1,2m, medidas entre los extremos de los chasis. Se efectuó acomodando adecuadamente los equipos.

-Entre tanques y pared, separación mínima de 0,50m, que se efectuó dándole al recinto las dimensiones necesarias.

### 3.3.5 Rol de incendio

-Láminas claras y a la vista con el rol de cada uno de los operarios ante un incendio. En este caso se colocaron dos gigantografías, confeccionadas por una empresa especializada en higiene y seguridad donde se consignan las tareas de cada uno de los miembros del equipo de planta.

-Láminas con números telefónicos útiles ante un siniestro: policía, bomberos, emergencia médica, hospitales, etc.

### 3.3.6 Sistemas contra incendios

-Cumplimiento en cuanto a Cantidad y capacidad de extintores de acuerdo con lo establecido en el Decreto N° 351/79, siendo como mínimo DOS (2) de 20 BC.

Se adquirieron 6 matafuegos, dos de CO<sub>2</sub> (uno para planta y otro para laboratorio) y uno de 25kg a base de polvo químico con carro que se destinó al recinto de los tanques. Los restantes se distribuyeron en la planta de modo tal de no recorrer más de 25m desde un foco de incendio.

-Ensayos y pruebas hidráulicas vigentes.

Por ser equipos nuevos todos se encontraban en perfectas condiciones y aptos para el uso inmediato.

-Planilla con tipo, características, capacidad y ubicación.

Se confeccionaron tres, y se colocaron una en la garita de acceso, otra en la casilla de operación de la planta y la restante en la oficina técnica, de modo tal que se encuentren a la vista de quien lo requiera rápidamente.



Fig. 3.9 Matafuego 25kg con carro para uso en planta.

### 3.3.7 Señalética

-Cartelería de prevención, prohibición, indicación y demarcación.

Al igual que el rol de incendio, fueron realizados por una empresa especializada en el rubro y distribuidos en la planta según su criterio, conformando paneles de fácil visibilidad en distintos sectores.



Fig. 3.10 Cartelería y rol de incendios.

Para obtenerse la habilitación de la Secretaría de Energía se acudió a una consultora especializada en la materia, de la ciudad de Córdoba. Tixo S.A. representada por el Ing. Arroyo se presentó en el obrador y allí realizó el check list (que se adjunta en la sección de anexos) corroborando el cumplimiento de todos los ítems requeridos. Esta evaluación, sumada a documentación pertinente bastó para lograr la aprobación de la planta.

### **3.4 TRANSPORTE DE PLANTA**

Una de las tareas más importantes realizadas por el alumno durante su Práctica Supervisada fue sin duda el proceso de movilización de la planta asfáltica desde el la sede de la empresa en la ciudad de Córdoba, hacia el obrador ubicado en la localidad de Dalmacio Vélez. Durante este operativo tuvo a cargo parte del proceso con distintas responsabilidades. Se hará una descripción del mismo desglosándolo en distintas etapas.

#### **3.4.1 Relevamiento previo – Replanteo**

La tarea encomendada al alumno al momento de efectuar el traslado fue, básicamente, reproducir en el nuevo obrador exactamente la misma disposición de los elementos y en las mismas condiciones en las que se encontraban, de modo tal de minimizar las situaciones conflictivas propias del desarme y posterior rearmado de la instalación.

Fue así que se procedió a efectuar un completo relevamiento haciendo especial hincapié, en primera instancia, en las bases donde se debían asentar los distintos módulos de la estructura. Esto se debe a que el suelo del nuevo obrador es muy sensible a la presencia de agua, comportándose de un modo inestable al ser anegado, lo que obligó a efectuar vigas-bases de hormigón armado, con superficie mínima para garantizar la transferencia de esfuerzos al suelo sin alcanzar tensiones demasiado elevadas. Se confeccionó entonces un croquis de relevamiento y el mismo fue respetado a la hora de efectuar el replanteo en el nuevo obrador.

Para una mejor dinámica interna y buscando facilitar el movimiento de los camiones dentro del obrador se dispuso la orientación de la planta sea NO-SE. Para adoptar esta orientación también se consideró el efecto de los vientos dominantes en la región, que actúan desde el noreste; así las partículas en suspensión que libera la chimenea son alejadas del ejido urbano de Dalmacio Vélez. El replanteo del eje se llevó a cabo con hilo y nivel óptico, para facilitar las labores, debido a la extensión del mismo, que alcanzaba los 50m aproximadamente.

Como se mencionó recientemente se puso especial énfasis en establecer los puntos de apoyo con los que contaba cada uno de los chasis sobre los que se moviliza la planta. Así, mayoritariamente, se tienen que el peso de la estructura es descargado hacia la superficie mediante los ejes de rodamiento, sin embargo también se cuenta con patas de considerables dimensiones para proveer de una mejor sustentación al conjunto.

### 3.4.2 Apoyos – Cálculo y construcción.

Para cada uno de estos puntos de apoyo se construyó una viga chata de tamaño variable según el caso particular, pero genéricamente de 1m de ancho por unos 30cm de profundidad. El largo de las mismas resultó variable en función del ancho de cada módulo. En todos los casos se las proveyó de la armadura necesaria.

A la hora del cálculo resultó imposible contar con el peso real de cada uno de los módulos, dado que la empresa carecía de los manuales de la planta, y la operación de pesado hubiese sido improductiva, dado que los datos fueron requeridos antes de procederse al desarmado de la instalación. Así fue que para estimar la sollicitación en cada apoyo se recurrió a la norma de circulación de transporte de carga de la DNV, ya que si los módulos están autorizados a transitar por rutas nacionales montados sobre chasis convencionales, es porque cumplen con la reglamentación relativa al peso máximo. Así fue que para cada apoyo se consideró la carga máxima posible por eje, es decir 18tn. Se consideró en primer término dotar al apoyo de una sección suficiente de modo tal que la tensión solicitante en el suelo no sea excesiva y no se tengan deformaciones o hundimientos que afecten al módulo en cuestión. En segundo lugar se efectuó la verificación de las dimensiones propuestas para la viga sometida a flexión considerando la carga distribuida en la interfaz con el suelo y los apoyos donde asienta el eje del chasis. Se le dio un ancho considerable para cubrir posibles errores de replanteo y darle un margen de movimiento al módulo a la hora de ubicarse.

Se propuso entonces una viga de 2,5m x 1m x 0,30m

+Verificación de tensión en interfaz suelo-base

$$\sigma = \frac{18000\text{kg}}{250\text{cm} \times 100\text{cm}} = 0,72 \text{ kg/cm}^2$$

+Verificación dimensiones de viga – Cálculo de armadura

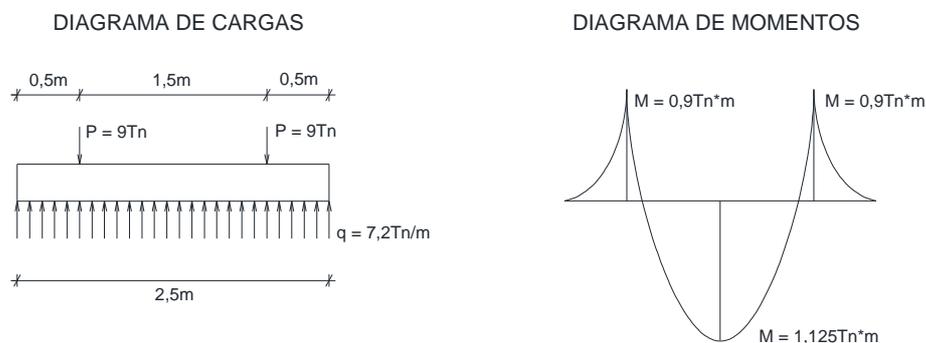


Fig. 3.11 Diagramas de Carga y Momento de vigas de apoyo.

Se tiene entonces un momento solicitante de 1,125Tn.m, que se traduce en 11,025kN.m. Para contemplar la carga del horno, que puede alcanzar unas 2tn como máximo, errores en la estimación, como así también los efectos dinámicos de su arranque, y operación se considera un coeficiente de mayoración de esfuerzos de 3. Los datos de entrada serán:

$$M_u=31\text{kN.m} \quad f'_c=20\text{MPa} \quad b=100\text{cm} \quad h=30\text{cm} \quad d=26\text{cm}$$

$$k_r = \frac{M_u}{b \cdot d^2 \cdot f'_c} = \frac{3100\text{kN.cm}}{100\text{cm} \cdot (26\text{cm})^2 \cdot 2\text{kN/cm}^2} = 0,0229$$

Como este valor de k res demasiado bajo, se trabaja con  $k_r=0.064$  que es correspondiente a la cuantía mínima de acero. Así:

$$\Phi=0,9 \quad \rho=0,36\% > 0,33\%(\text{cuantía mínima}) \quad k_z=0,956$$

Luego

$$A_s = \frac{M_u}{k_z \cdot d \cdot \Phi \cdot f_s}$$

reemplazando

$$A_s = \frac{3100\text{kNcm}}{0,956 \cdot 26\text{cm} \cdot 0,9 \cdot 42\text{kN/cm}^2} = 3,3\text{cm}^2$$

que se alcanza colocando 3 barras de  $\phi = 12\text{mm}$  (3,39cm<sup>2</sup>).

## DETALLE DE ARMADO

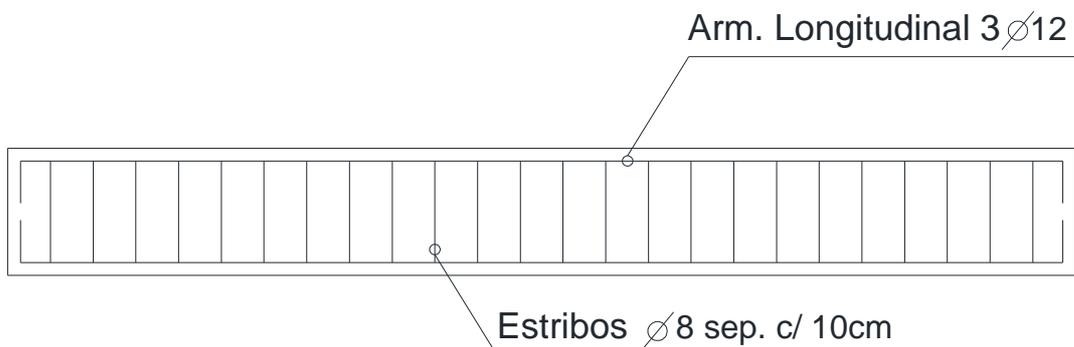


Fig. 3.12 Detalle de armado de las vigas de apoyo.

Las mismas fueron construidas in situ por personal subcontratado por la empresa. De encofrado se utilizó el mismo terreno, puesto que todas se encontraban enterradas. Para la realización de los huecos se debió emplear un martillo neumático, debido a que las purgas arrojadas en el terreno por la empresa Paolini (ex arrendataria del predio) hacían casi impenetrable la superficie.

El hormigón empleado fue elaborado, adquirido a la hormigonera Del Cré de la vecina localidad de Hernando.

### **3.4.3 Desarmado – Acondicionamiento para traslado**

Para la operatoria del traslado propiamente dicho se debió proceder, lógicamente, al desarmado de la planta. Se comenzó desacoplando la instalación eléctrica de la bajada de línea que se encuentra en el obrador de la empresa. Acto seguido fueron desconectados uno a uno los cables que constituyen la conexión eléctrica entre la cabina de mando y los distintos sectores de la planta. Para esta tarea se procedió a numerar los terminales de los cables y las tomas tanto en planta como en cabina. Aquellos cables que no poseen fichas en sus extremos fueron aislados debidamente.

Se continuó por los módulos más lejanos al mezclador, es decir que lo primero en desmontarse fueron las tolvas. En tercer lugar se trabajó sobre los tanques, para ello se realizó una limpieza profunda de las tuberías y se pintaron las uniones con un mismo número de cada lado, de modo tal de facilitar la tarea del armado posterior que resulto notablemente más rápida con esta pequeña intervención. Para el desacople de cada uno de los tanques debieron esperarse algunos días a partir de la salida de funcionamiento de la planta, de modo tal que el aceite de la caldera bajara su temperatura y pudiera ser envasado en los tachos de 200 litros en los que fue trasladado. Otro aspecto que tuvo importancia fundamental a la hora de evitar fue la numeración de los cables de comando de la caldera. Los mismos se desacoplan mediante una caja ubicada sobre el sector de descarga de pequeñas dimensiones.

Por último se separó el horno secador del módulo mezclador, que se encuentran unidos mediante un solo conducto por el que se transfieren los áridos. Previo a esta acción fueron desmontadas todas las escaleras y pasarelas con las que cuenta el sector principal.

A medida que cada uno de los componentes iba siendo liberado, se lo hacía ingresar al taller en primer lugar, donde se le efectuaban las reparaciones correspondientes en términos de chapa y mantenimiento general; posteriormente se lo cubría con una ligera mano de pintura. Esta etapa no fue realizada de modo correcto ni con la conciencia necesaria por parte del personal de taller encargado de la misma. Al momento del montaje se tuvieron numerosos inconvenientes con sus respectivos atrasos debido a fallas producto de la falta de mantenimiento, mal acondicionamiento para el traslado, o faltante de piezas por ensamblado deficiente.

En lo posterior se le efectuó a cada uno de los chasis de transporte las adecuaciones necesarias para el traslado en condiciones mínimas de seguridad. Así se repararon o cambiaron las cubiertas, se engrasaron los ejes y sus dispositivos mecánicos, se colocaron guardabarros y paragolpes que no poseían y se les adosó a cada uno un tablero de luces desmontable, para ser utilizado durante el traslado exclusivamente. Para dar cumplimiento a la reglamentación vigente de la DNV para este tipo de transporte, se colocó en la parte posterior de cada módulo un cartel retroreflectivo donde se consignó la advertencia de sobrepeso conjuntamente con la longitud total del tractor más el semirremolque. También fue necesaria la colocación de banderines de advertencia, con rayado albirrojo, en los extremos y laterales de los chasis.



Fig. 3.13 Placa retroreflectiva de precaución y longitudes.

#### 3.4.4 Permisos y formularios de traslado

Para efectuar el traslado de la planta el conjunto de tractor y semirremolque de cada uno de los componentes debe contar con una autorización especial emitida por la DNV.

La misma consiste en formularios a completar mediante declaración jurada, en los cuales se consignan los datos fundamentales de la carga, es decir sus longitudes, pesos, cantidad de ejes, cargas por eje, itinerario, datos de la póliza de seguro, datos de patentamiento, etc.

A su vez dichos formularios contemplan en su reverso las disposiciones básicas que regulan la circulación de vehículos especiales, de manera de garantizar su tránsito seguro y evitar incidentes tanto en la ruta como en sus proximidades. Entre las condiciones elementales que se deben cumplir se tienen:

- Presencia de balizas activas, tanto delanteras como traseras.
- Banderines normalizados, albirrojos, delanteros, traseros y laterales.
- Placa retroreflectiva posterior con advertencia de sobrepaso y dimensiones.
- Circulación diurna y en condiciones favorables. Se prohíbe el tránsito nocturno, con poca visibilidad o en días lluviosos.
- Dar aviso al concesionario vial, como a las empresas prestatarias de servicios eléctricos que puedan ver afectadas sus líneas de transmisión.
- En caso de invadir carriles se debe contar con un auto guía que alerte a los conductores que circulan en sentido opuesto. El mismo también le anticipa las maniobras al conductor del semirremolque o carretón.
- Verificar luces y gálibos a salvar durante la travesía.
- En caso de sortear obstáculos mediante puentes, los mismos deben permitir su paso, y en caso de hacerlo se deben seguir las pautas de circulación particulares.

Todos estos condicionantes deben ser contemplados y cumplidos al momento de efectuar la movilización, mediante compromiso asumido a través de declaración jurada. Los formularios y notas de compromiso se adjuntan en los anexos.

### 3.4.5 Traslado

El transporte de los distintos componentes de la planta se efectuó utilizando los chasis sobre los cuales se encuentran montados, tirados por los camiones propios de la empresa. Así se adecuó la potencia y característica de de las unidades a las requisitorias de peso y potencia necesaria. De este modo los módulos más pesados fueron traccionados por los camiones más aptos.

El mezclador resulto, en base a lo observado, el conjunto más pesado a transportar. Inicialmente se trato de emplear para su traslado un Scania 113, pero se observo que la carga sobre solicitaba el eje trasero, teniéndose enormes deformaciones en las cubiertas. Por este motivo se decidió emplear para el traslado un Mercedes Benz 1938 EDC, ya que es el único en la flota que cuenta con doble eje trasero. No se tuvieron dificultades en su movilización.

El segundo conjunto en términos de peso lo constituyó el horno secador. Para su transporte se empleó un Volvo NL10 340 EDC. Pese a tener un solo eje trasero, el mismo respondió satisfactoriamente. Los tanques fueron trasladados mediante un Scania 111, mientras que las tolvas con el Scania 113. Los elementos complementarios, como así también compresores y motores se trasladaron en varios viajes, en bateas o carretones.

La ruta seguida en cada uno de los viajes fue la misma. En primer término se transitó por la autopista Córdoba-Rosario hasta la salida a la localidad de Oliva, en el ingreso de esta se tomó el desvío de tránsito pesado y se retoma en la Ruta Provincial 10, que va hasta la localidad de Hernando atravesando Pampayasta. En la rotonda de ingreso a Hernando se tomó la RP6, hasta llegar a la intersección con la Ruta Nacional 158, en las afueras de Dalmacio Vélez. El hecho de transitar tanto por la Av. Circunvalación como por la Autopista a Rosario hizo que se debiera tener especial precaución en respetar la limitación de altura, que fija un tope de 4,10m para atravesar puentes, con los chasis que transportaron los distintos tanques.

En cuanto a la logística de movilización se puede mencionar el grave error cometido en la secuenciación de la misma. Se puede inferir, por sentido común, que el primer módulo a transportar debe ser aquel que primero se debe instalar, o bien el que “manda” la ubicación de los restantes, en este caso dicho componente es el mezclador. Sin embargo el mismo fue el último en arribar, por haber sido el último en ser desmontado. Esta pequeña falta de previsión ocasionó demoras de más de veinte días en el inicio de las tareas de montaje. Durante este periodo fueron llegando los restantes componentes, pero no se los podía colocar de modo definitivo dado que la ubicación final del módulo principal reconfigura la posición de todos los demás. El considerable atraso generó atraso en los plazos y conflictos con la inspección, como así también grandes erogaciones en fletes ya que la obra se prosiguió con mezcla asfáltica elaborada en la planta de Córdoba, que debió ser fletada 150km para su colocación. Este hecho debe ser tomado como enseñanza y experiencia para optimizar los plazos de futuros traslados.

### **3.4.6 Montaje**

Las tareas de armado y puesta a punto de la planta en el nuevo obrador se encargaron al mismo personal que la desarmó en la ciudad de Córdoba. Fue así que luego de esperar la llegada del módulo mezclador se dio inicio a las tareas.

Primeramente se colocó esta parte componente en su sitio, apoyando las patas delanteras en el muro de contención de la rampa de carga y el eje trasero en la viga de apoyo correspondiente. A partir de la ubicación de este se determinó la posición final del resto de los módulos, dominadas fundamentalmente por la longitud de las tuberías, ya que los apoyos se dimensionaron de modo tal de dar un margen de movilidad. Entonces, el primero en posicionarse definitivamente fue el horno secador y a partir de este el dispositivo de tolvas adoptó su ubicación definitiva.

Una vez en que los componentes de la planta propiamente dicha quedaron fijos, se comenzó la parte más compleja, la vinculación entre los tanques de almacenamiento de asfalto y la planta, y entre ellos mismos. Primero se trabajó con el tanque más cercano, que se colocó definitivamente en función de la longitud de las tuberías por las que se conduce el asfalto hacia la planta. Una vez fijada la posición de este, y habiéndose unido los tubos, se realizó la misma tarea pero vinculando el primer tanque con el segundo.

Idéntica operación se efectuó entre el segundo y el tercero. Para la realización de esta labor fue de suma importancia tener los caños numerados, esto aumentó sustancialmente la velocidad con la que se realizaron las uniones, sin pérdidas de tiempo en la búsqueda de piezas ni en uniones falsas.

El último tanque en ser colocado fue el que almacena fuel oil, por ser el más distante en ubicación. El ensamble de las conexiones del mismo resultó ser más sencillo dado que al tratarse de tuberías de menor diámetro (galvanizada de 2") las diferencias, tanto de faltantes como de sobrantes fueron fácilmente subsanadas con cortes y uniones.

Luego de haberse colocado todo el conjunto de conducciones se procedió a la colocación de la caldera en su posición original, frente al segundo tanque. Una vez montada, se realizaron las conexiones apropiadas al tanque de almacenamiento de diesel desde el cual se alimenta. Estas conexiones se hicieron a nuevas debido a que la posición del alimentador difería de la que tenía en el obrador de Córdoba. La última fase del proceso consistió en la colocación del aceite de calefacción de los tanques. A partir de ese momento se puso en marcha la caldera para que el fluido se encuentre a temperatura de régimen al momento de la llegada del primer equipo de asfalto.

Para todas las tareas de movimiento de módulos o tanques se recurrió en primer término a uno de los camiones, que fue afectado exclusivamente a dicha labor. Se trató del Mercedes Benz 1938 EDC por ser el único que podía desplazar todos los equipos. Apoyándose en el mismo se efectuó la presentación de la maquinaria en su sitio, y posteriormente el movimiento fino en ambas direcciones fue realizado con la cargadora frontal que se tiene en el obrador.

Una vez que se tuvo toda la parte mecánica montada se solicitó la presencia del electricista de la empresa, para que ayudado por el personal a cargo del montaje efectuara la conexión eléctrica pertinente, incluyendo la confección de tableros de interrupción de suministro y la puesta en marcha del grupo electrógeno. Por último se procedió a la colocación de los complementos de desplazamiento y seguridad que posee la planta, es decir escaleras, pasarelas y barandas.

En total se insumieron aproximadamente 20 días en la culminación del proceso, ya que el montaje de la planta y los tanques demandó unos 12 días, a los que hay que sumarle la semana que llevó efectuar la conexión eléctrica definitiva.

### **3.4.7 Calibrado**

Una vez que fueron probados todos los sistemas y el funcionamiento de la planta en general se realizó la calibración de la misma. Como ya se expuso anteriormente, pese a que la planta trabaja por pesadas, el calibrado de las tolvas es necesario para agilizar la

operación de la misma, como así también para evitar rechazos por saturación de los silos de carga.

La operación consiste básicamente en establecer la apertura necesaria en las diferentes tolvas de ingreso de los áridos, de modo tal que la cinta transporte al horno la cantidad adecuada de cada uno de los áridos. Se debe respetar la proporción con la cual cada fracción interviene en la mezcla, como así el peso total de áridos que ingresa a la planta en una determinada cantidad de tiempo.

Se partió inicialmente de requerir un ingreso de material de modo tal que la planta pueda producir en una hora 60tn de mezcla asfáltica. Esta premisa se obtiene a partir de la estimación del tiempo que emplea un camión en realizar la “vuelta”, es decir completar la operación de carga, transporte al tramo, descarga y retorno al obrador. Se trata de ocupar plenamente el recurso móvil y minimizar los tiempos de espera. Así las 60tn representan un promedio de producción de dos bateas por hora.

Lo primero a determinar fue la velocidad con la cual la cinta transportadora carga de áridos el horno secador. Se midió la extensión de la misma, que resulto ser de 29m. Posteriormente se marcó con cinta de papel un extremo y se la puso en funcionamiento cargada, computándose el tiempo en el cual completaba diez vueltas (trabajar con varias vueltas implica mayor distancia recorrida, que minimiza el error en la muestra) que termino siendo 91 segundos. Por lo tanto

$$v = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{290\text{m}}{91\text{s}} = 3,19 \text{ m/s}$$

Considerando esa velocidad de ingreso de áridos al sistema, se determinó que en una hora ingresan  $l = 3,19\text{m/s} \times 3600\text{s} = 11484\text{m}$  de cinta.

Sabiendo que se debe satisfacer un peso de 60tn/h, se calculó el aporte que cada metro de cinta debía efectuar como se muestra a continuación

$$q = \frac{m}{l} = \frac{60000\text{kg}}{11484\text{m}} = 5,22 \text{ kg/m}$$

esto indica que la tasa de ingreso de material al sistema debe ser de 5,22kg por cada metro de cinta, este será el valor fundamental a ser usado para la calibración.

Como las distintas fracciones deben guardar relación con su presencia dentro de la mezcla se proporcionó el peso de cada una de ellas por metro de cinta:

\*Triturado granítico 0-6: 46% →  $0,46 \times 5,22\text{kg/m} = 2,40\text{kg/m}$

\*Triturado granítico 6-19: 20% →  $0,20 \times 5,22\text{kg/m} = 1,04\text{kg/m}$

\*Triturado granítico 20-30: 23% →  $0,23 \times 5,22\text{kg/m} = 1,20\text{kg/m}$

\*Arena silíceas: 11% →  $0,11 \times 5,22\text{kg/m} = 0,58\text{kg/m}$

Total = 5,22kg/m

con estos valores se procedió a regular la abertura de los dispositivos de descargas de cada tolva; se trabajó considerando tres metros de cinta de modo tal que el error de la muestra pierda significancia.

La mecánica consistió en tomar una lectura inicial y en base a la misma agrandar o achicar la abertura sucesivamente hasta alcanzar el valor deseado. Una vez que cada uno de los silos había sido calibrado se hizo una verificación con todos actuando en simultaneo, verificando que el caudal de ingreso sea efectivamente de 5, 22kg/m.

### 3.4.8 Modificaciones y reparaciones

Una vez concluido el proceso de calibrado de la planta se comenzó a probar la respuesta de esta frente a las solicitudes de la obra. Concretamente se realizaron algunos pastones de prueba para comprobar el funcionamiento general, y al obtenerse resultados satisfactorios se procedió al llenado de algunas bateas para verificar si se tenía la capacidad de producción suficiente. No hubo mayores inconvenientes de operatoria en ello, sin embargo se observó en un primer momento una notoria discrepancia entre el peso que arrojaba la balanza de salida del obrador respecto de lo que se estimaba que debía cargar en base a la cantidad de pastones colocados en el camión.

Al estar la báscula de salida recién montada y calibrada se puso en tela de juicio inmediatamente el funcionamiento de la balanza de áridos. Para sumar una tercera medición se procedió a corroborar el peso de un camión cargado usando la balanza de la planta de maní de la ADG, que se encuentra en un predio contiguo. Fue así que, al arrojar estos valores similares al de la báscula del obrador, se llegó a la conclusión que el sistema de medición de peso de los áridos estaba fallando.

La solución llegó de la mano de un recambio completo del sistema de pesada, llevado a cabo por la empresa Balancor especialista en balanzas para la industria en general. Se suplantó el sistema original de medición, que basaba su funcionamiento en una serie de resortes y engranajes que captaban el desplazamiento inicial de la barra sensora para luego enviar una señal a la cabina de comando. Allí, y mediante otro complejo sistema de resortes y masas la información se exponía en un visor analógico circular con aguja. El nuevo sistema consta de un dispositivo tipo "strain gauge" en el cual el desplazamiento de la barra solidaria al silo es tomado por un fino alambre conductor, que al variar su longitud dentro del campo elástico modifica su resistividad. Al variar la resistencia, varía la intensidad de corriente, y esta señal es enviada a un decodificador que la procesa y la expone mediante un tablero digital. Este nuevo dispositivo de pesada acabó con la

diferencia entre balanzas y su instalación fue el primer paso de la puesta a punto de la planta.



Fig. 3.14 Antiguos y nuevos visores de balanzas.

Una vez corregido el problema de las pesadas, se continuó con las pruebas, que arrojaron nuevas dificultades que debieron salvarse. Las mismas fueron observadas a través de los ensayo de laboratorio, puesto que estos evidenciaban dos situaciones muy claras:

- Diferencias entre el porcentaje teórico de asfalto en la mezcla y el obtenido a partir de la recuperación.
- Curvas granulométricas muy alejadas de la teórica pretendida.

El primer conflicto se solucionó de modo casi inmediato, con la experiencia previa obtenida en la balanza de áridos rápidamente se llegó a la conclusión que la falla residía en la báscula de asfalto. Nuevamente se solicitó la presencia de personal especializado que sustituyó el sistema original analógico por uno digital, que utiliza la misma tecnología que el colocado en los silos de áridos. Así se subsanó el inconveniente del porcentaje de asfalto en la mezcla, y las recuperaciones arrojaron los valores esperados.

En cuanto a la problemática de las granulometrías de la mezcla, inicialmente se pensó que el factor humano interviniente en el proceso de pesada era el responsable. Fue así que se debió operar junto al plantista a lo largo de varias pruebas, verificando que no cometiera errores, así se determinó que el proceder era el correcto, sin embargo las muestras no se condecían con lo esperado. Entonces teniendo ya comprobado el buen funcionamiento del sistema de pesada, como así también el mecanismo de pesada por parte del operador, se concluyó que los pesos de los áridos introducidos eran los

correctos, por ello las discrepancias en cuanto a granulometrías debían obedecer a alguna falla en el proceso de selección o zarandeado.

De modo unánime todo el personal de la planta decidió desarmar el módulo mezclador para verificar el funcionamiento del juego de zarandas. Asombro fue la sensación que se llevó el personal al observar el estado en el que se encontraban las mallas. Cada una de las 8 mallas que componen el juego se encontraba rota. En el espacio donde se efectúa la descarga del árido proveniente del horno había dos grandes perforaciones -de unos 20cm de diámetro- tanto en la plancha superior como en la inferior. En el resto de los paños se observaban roturas en los alambres que definían fisuras sobre la superficie de los mismos. Naturalmente, contando con los componentes en estas condiciones, el proceso de cribado se realizaba de manera completamente deficiente, de hecho, parte del material caía en forma directa en el silo de carga sin haber pasado por ningún filtro de selección.

Se procedió de manera inmediata a solicitar al departamento de compras la adquisición de un nuevo juego de zarandas a los fines de sustituir los existentes. Mientras las mallas se encontraban en camino se procedió al acondicionamiento interior del módulo, incorporándole algunos refuerzos en la estructura de sostenimiento de las cribas, de modo tal de prolongar su vida útil. Al cabo de una semana llegó el juego nuevo que fue colocado de modo inmediato. A partir de los ensayos sobre los primeros pastones se tuvo la certeza que las diferencias ya no existían entre la curva granulométrica real y la teórica. Así fue que a partir de este momento la planta comenzó su pleno funcionamiento, en el cual surgieron inconvenientes propios de la operación y la falta de mantenimiento, sin embargo los mismos fueron menores y rápidamente solucionables.

#### **3.4.9 Aspecto económico**

Naturalmente, el hecho de movilizar una planta asfáltica no es una tarea diaria, por muy grande que sea la estructura de la empresa, es una labor que insume cuantiosos recursos. Sin embargo los mismos están contemplados en el pliego de especificaciones, y son retribuidos en las sucesivas certificaciones.

El ítem N°7 "Movilización de Obra" estipula un monto oficial de \$ 485.013,51 para todas aquellas labores que contemplen movilización de equipos, personal, planta e instalación del obrador, de oficinas y alojamiento para los inspectores de la DPV. Comprende también la provisión y los gastos de operación de movilidades, equipos de computación, equipos de comunicación, abastecimiento de elementos de librería etc. necesarios para el desempeño de la Inspección de obra.

Sin embargo, al momento de la certificación lo que más incide es fundamentalmente la planta de asfalto, es así que el pago se divide en dos porcentajes fundamentales:

-un 30% inicial, que se certificará el mes en el cual de de cumplimiento a lo siguiente:

- Instalación de obrador.

- Montaje y puesta en funcionamiento de la planta asfáltica.
- Se disponga en obra del personal y equipo necesario y suficiente, a exclusivo juicio de la Inspección, para de ejecución de estructuras granulares
- Se disponga en obra del personal y equipo de distribución de mezcla asfáltica.

-el 70% restante, que se distribuye en las certificaciones en función del avance de la obra y del cumplimiento de los requerimientos establecidos, entre los que se encuentran, básicamente movilización de equipos de ejecución hacia los distintos frentes de trabajo, como así también la atención de los gastos operativos de las movilidades y del sistema de comunicaciones de la Inspección, los gastos de funcionamiento y servicio de limpieza de oficina, laboratorio y vivienda de la Inspección etc.

De lo anterior podemos inferir que a los fines prácticos y económicos de la empresa le conviene absolutamente una pronta instalación en obra, de modo tal de hacerse con el 30% del ítem en una sola cuota. Aquí cobra validez nuevamente la observación realizada anteriormente respecto del desorganizado traslado de los componentes de la planta, que acabó por demorar más de un mes su puesta en marcha y consecuentemente la certificación del ítem.

#### **4. MANEJO DE STOCKS Y OPERATORIA DE PLANTA**

Una vez concluidas las tareas de traslado, puesta a punto y habilitación de la planta, al alumno le fue asignado el control de los stocks de materiales, como así también el registro de las entradas y salidas de la planta. Esta labor fue llevada a cabo considerando dos aspectos:

- Registros de ingresos y egresos
- Verificaciones del material existente en planta

Es decir que en el desarrollo de los trabajos se llevó a cabo un doble control, que consistió básicamente en la sistematización de la documentación de entrada y salida para conocer la disponibilidad de insumos, y en simultaneo la corroboración mediante mediciones de que dichos valores sean los correctos.

Este capítulo se estructurará haciendo énfasis en los ingresos, los egresos, los remanentes y la logística de aprovisionamiento.

##### **4.1 INGRESOS**

Diariamente arribaban a la planta camiones trayendo la provisión de piedra, arena, asfalto, gasoil o fueloil. Todos ellos eran registrados en base a los controles que se le efectuaban al ingresar, y de ser necesario al salir también.

Los controles de calidad de los insumos serán reflejado en el capítulo correspondiente a Autoncontrol.

###### **4.1.1 Control de Triturados Graníticos**

Todos los áridos de trituración son provistos por la cantera de granito Blancaley, ubicada en el paraje conocido como Tercera Usina, contiguo al embalse del Rio Tercero. El flete de los mismos se encuentra a cargo de la firma VMR Team, con sede en la localidad de Corral de Bustos.

Desde la cantera los camiones cargados llegan con su remito correspondiente, donde se consigna: -Identificación del chofer

- Identificación del vehículo
- Peso neto de la carga

A la entrada a planta el mismo camión es pesado, y con la tara ya conocida se determina si el peso que indica el remito es el correcto o hay alguna diferencia. En caso de haberla el documento es observado y se inicia una investigación conjunta entre la empresa, la

cantera y el responsable del transporte a fin de determinar donde se encuentra la discrepancia entre las pesadas. La misma puede obedecer a una falla o diferencia sistemática entre las básculas, algún error en el proceso o en el peor de los casos a una descarga de material en el trayecto. Durante los primeros meses de obra nunca se tuvieron diferencias que encendieran alguna luz de alarma, las mismas oscilaban en menos de 100kg, que es el peso aproximado del combustible consumido por el vehículo en el viaje.

Una vez corroborada la carga se procede a la firma del remito, quedando uno en poder de la empresa, mientras que el otro es entregado al transportista, ya que con el mismo respalda el viaje efectuado. Otro de los remitos queda en poder de la cantera, y es utilizado para cobrar el material vendido.

El remito retenido por la empresa es cargado a las planillas de ingreso como se verá en el siguiente inciso.

#### **4.1.2 Control de Arena silícea**

Este material proviene de la arenera Magris, que posee su cantera en las afueras de la localidad de Pampayasta, distante a unos 40km del obrador. El transporte, en este caso, es realizado por camiones propios de la empresa, que aprovechan la cercanía entre el tramo y la explotación para realizar el traslado, ahorrando un nuevo flete.

En este caso los controles son similares a los del triturado granítico, sin embargo se tiene la diferencia de que aquí los remitos figuran en volumen y no en peso. Es así que al peso que se registra en la báscula del obrador se lo debe dividir por el peso específico correspondiente para chequear el valor que indica el documento. En este caso si se han tenido diferencias significativas, las mismas radican fundamentalmente en el hecho de que en la cantera se estima el volumen en función de la cantidad de descargas que realiza la cargadora frontal. Al no tenerse balanzas es el único medio con el que se puede aproximar la carga. Si bien no se observa mala fe por parte del vendedor, ya que los errores son favorables a ambas partes por igual se han cursado reclamos a la arenera. En los mismos se consigna una copia del remito labrado y adosado al mismo los adhesivos que entrega la tickeadora de la balanza, junto a la tara del camión. Dichos reclamos los efectúa el sector de pagos y no corresponden a las atribuciones administrativas de la obra.

Del mismo modo que con los áridos graníticos, los remitos correspondientes a los cargamentos de arena silícea son incorporados en planillas de control interno que se expondrán a continuación.

#### **4.1.3 Control de Asfalto**

La provisión de asfalto la efectúa mayormente YPF, pero también se han tenido excepciones en los cuales los plazos de entrega estaban muy postergados y se recurrió así a otras empresas proveedoras.

Al igual que los camiones de áridos el transporte de asfalto es pesado tanto en el ingreso como en el egreso y a partir de la diferencia de mediciones, se tiene el peso realmente descargado. En este caso tampoco se han reportado diferencias significativas respecto de los valores que acusan los remitos de entrega, las mismas son mínimas y obedecen a la disminución de peso durante el viaje. También son cargados en planillas donde se refleja el ingreso del insumo.

## 4.2 PLANILLAS – SISTEMA DE INFORMACIÓN

Tanto para el asfalto como para los áridos se cuenta con un sistema de planillas que en base a los datos de ingreso y egreso de la planta reflejan el movimiento diario como así también el stock disponible de ser utilizado.

En lo siguiente se mostrarán cada una de ellas y se las explicara individualmente y en conjunto, configurando así la totalidad del sistema de información acerca de los materiales.

### 4.2.1 Planillas de ingreso

<b>FEDERICO</b>								
<b>MATERIAL: Triturado Granítico 0-6</b>								
					<b>PERIODO: ABRIL/13</b>			
Fecha	Num.remito	Transporte	Procedencia	Bruto	Tara	Neto	Acum. Mens.	Acum. Total
01/04/2013	2-95919	VMR Team	Blancaley	45980	17760	28220	28,22	5.229,54
01/04/2013	2-96044	VMR Team	Blancaley	45880	16820	29060	57,28	5.258,60
01/04/2013	2-96045	VMR Team	Blancaley	44460	14600	29860	87,14	5.288,46
01/04/2013	2-96047	VMR Team	Blancaley	44940	16040	28900	116,04	5.317,36
01/04/2013	2-96050	VMR Team	Blancaley	45680	14300	31380	147,42	5.348,74
01/04/2013	2-96049	VMR Team	Blancaley	45200	15700	29500	176,92	5.378,24
02/04/2013	2-96052	VMR Team	Blancaley	45960	16260	29700	206,62	5.407,94
02/04/2013	2-96065	VMR Team	Blancaley	45680	16700	28980	235,6	5.436,92
02/04/2013	2-96066	VMR Team	Blancaley	45020	14480	30540	266,14	5.467,46
02/04/2013	2-96073	VMR Team	Blancaley	45660	14180	31480	297,62	5.498,94
04/04/2013	2-96075	VMR Team	Blancaley	45760	16300	29460	327,08	5.528,40
04/04/2013	2-96144	VMR Team	Blancaley	46080	14620	31460	358,54	5.559,86
04/04/2013	2-96145	VMR Team	Blancaley	46340	16820	29520	388,06	5.589,38

Tabla 4.1 Planilla de ingreso de material.

En esta tabla se establece, para cada uno de los materiales y de modo desagregado, el bruto y el neto de cada uno de los viajes entrantes, con su respectivo remito de respaldo. Así conociéndose la tara de cada uno de los camiones que habitualmente realizan la provisión, se puede obtener de modo inmediato el valor neto de la carga, que es lo que realmente interesa.

Como se observa, en estas planillas, se consignan fundamentalmente los acumulados, que son muy importantes para estimar rápidamente las erogaciones en términos mensuales o bien las totales de la obra mediante la tabla acumulada. A los fines prácticos es de suma utilidad la columna de las fechas pues a partir de ella se confecciona la planilla de movimiento diario.



4.2.2 Planillas de egreso

<b>FEDERICO</b>													
PERIODO: ABRIL/13													
Fecha	Remito	Transporte	Patente	Tipo Mezcla	Comitente	Peso Bruto	Tara	Peso Neto	DESACOPIO				
									0-6	6_19	20-30	Arena S.	Asfalto
01/04/2013	02-0014834	Propio	BJI 182	BN BACHEO	FEDERICO	43220	17820	25400	11135	4841	5567	2663	1194
01/04/2013	02-0014835	Propio	CSV 622	BN BACHEO	FEDERICO	44810	16490	28320	12415	5398	6207	2969	1331
01/04/2013	02-0014836	Propio	MMF 791	BN BACHEO	FOROBRA	35459	12670	22789	9990	4344	4995	2389	1071
02/04/2013	02-0014837	Propio	MMF 791	BN BACHEO	FOROBRA	37220	12670	24550	10762	4679	5381	2574	1154
02/04/2013	02-0014838	Propio	GEE 721	BN BACHEO	FEDERICO	41740	15630	26110	11446	4977	5723	2737	1227
02/04/2013	02-0014839	Propio	CSV 622	BN BACHEO	FEDERICO	41580	16490	25090	10999	4782	5499	2630	1179
02/04/2013	02-0014840	Propio	BJI 182	BN BACHEO	FEDERICO	43440	17820	25620	11231	4883	5616	2686	1204
03/04/2013	02-0014841	Propio	GEE 721	BN CARPETA	FEDERICO	45870	15630	30240	13257	5764	6628	3170	1421
03/04/2013	02-0014842	Propio	BJI 182	BN CARPETA	FEDERICO	46760	17820	28940	12687	5516	6343	3034	1360
03/04/2013	02-0014843	Propio	MMF 791	BN BACHEO	FOROBRA	41500	12670	28830	12638	5495	6319	3022	1355
03/04/2013	02-0014844	Propio	CSV 622	BN CARPETA	FEDERICO	44120	16490	27630	12112	5266	6056	2896	1299
04/04/2013	02-0014845	Propio	GEE 721	BN CARPETA	FEDERICO	45780	15630	30150	13217	5747	6609	3161	1417
04/04/2013	02-0014846	Propio	MMF 791	BN BACHEO	FOROBRA	37420	12670	24750	10850	4717	5425	2595	1163
04/04/2013	02-0014847	Propio	CSV 622	BN CARPETA	FEDERICO	44560	16490	28070	12305	5350	6153	2943	1319
04/04/2013	02-0014848	Propio	BJI 182	BN CARPETA	FEDERICO	46730	17820	28910	12674	5510	6337	3031	1359
04/04/2013	02-0014849	Propio	GEE 721	BN CARPETA	FEDERICO	44790	15630	29160	12783	5558	6392	3057	1371
04/04/2013	02-0014850	Propio	MMF 791	BN BACHEO	FOROBRA	39420	12670	26750	11727	5099	5863	2804	1257
05/04/2013	02-0014851	Propio	GEE 721	BN CARPETA	FEDERICO	46180	15630	30550	13393	5823	6696	3203	1436
05/04/2013	02-0014852	Propio	MMF 791	BN BACHEO	FOROBRA	37820	12670	25150	11025	4794	5513	2636	1182
05/04/2013	02-0014853	Propio	CSV 622	BN CARPETA	FEDERICO	44890	16490	28400	12450	5413	6225	2977	1335
05/04/2013	02-0014854	Propio	BJI 182	BN CARPETA	FEDERICO	43230	17820	25410	11139	4843	5570	2664	1194
05/04/2013	02-0014855	Propio	GEE 721	BN CARPETA	FEDERICO	44720	15630	29090	12752	5545	6376	3050	1367
05/04/2013	02-0014856	Propio	MMF 791	BN BACHEO	FOROBRA	39420	12670	26750	11727	5099	5863	2804	1257

Tabla 4.2 Planilla de egreso de material.

Este tipo de planilla refleja las salidas de cada uno de los camiones que abastecen al tramo de mezcla asfáltica. Sirven a la vez de compendio de los remitos de salida, como así también establecen el desacopio de los materiales que intervienen en la mezcla en cuestión, de modo desagregado.

Se ordenan las salidas de modo cronológico, tal como suceden en el tiempo, las mismas son respaldadas por los remitos, que también se encuentran ordenados consecutivamente como lo están en el talonario. Luego se indica el tipo de transporte que utiliza, puntualmente durante la primera fase de la obra se operó exclusivamente con la flota de la empresa; caso contrario se indica el nombre de la empresa transportista. A continuación se deja sentada la patente del camión, tal como aparece en el documento firmado, dato que es utilizado para llevar un control de los viajes realizados por cada chofer, o por si surge algún inconveniente o situación que amerite conocer quien realizó dicho viaje; también se utiliza para establecer de modo automático la tara del móvil.

En la siguiente columna se indica que tipo de mezcla es, aceptándose en este caso tres opciones:

- Base Negra para bacheo
- Base Negra para carpeta
- Carpeta de rodamiento

De este dato se desprenden dos cuestiones, la primera relativa al tipo de mezcla, es decir si se trata de base negra o de carpeta. De este dato la planilla efectúa de un modo diferenciado el desacopio, ya que los áridos intervienen en distinta proporción en las dos mezclas. Para el caso de la base negra se utilizan porcentajes de áridos diferentes de los utilizados en la carpeta que al ser multiplicados por el peso total de la mezcla determinarán pesos distintos de material saliente. El otro aspecto a tener en cuenta es si la base negra se utiliza para la realización de bacheo o bien para la carpeta, este dato es de importancia a la hora de realizar el cómputo de la certificación, ya que la tonelada de mezcla para bacheo no está cotizada igual que la tonelada de mezcla para carpeta. De este modo se facilita la operación de conteo al momento de certificar.

La columna siguiente también es utilizada al momento del raconto de toneladas colocadas, en este caso se discrimina quien efectúa la labor, si se trata de personal de la empresa o la cuadrilla de la empresa subcontratista. Es información de uso interno, ya que la certificación completa es percibida por la empresa, que luego efectúa el pago correspondiente en función de las tareas realizadas a quien corresponda.

En las columnas siguientes se establecen los pesos propios de cada viaje, es decir el bruto, la tara y el neto. El primero se carga a partir de lo que indica el remito confeccionado por el balancero y firmado por el inspector, el segundo se carga

automáticamente en función de la patente del camión y el tercer valor surge como diferencia de los dos primeros.

Por último se tienen las columnas correspondientes al egreso de materiales de modo desagregado. A partir del peso neto de mezcla que es cargado en el camión se establecen, en función de los porcentajes de la mezcla, los pesos de cada uno de los áridos que ya no forman parte del stock. Dichos porcentajes son teóricos, pero al estar calibrada la planta y además operar por pesada se comprobó que coinciden casi plenamente con los valores reales. Inicialmente se pensó en trabajar con los valores obtenidos a partir de los ensayos de cada jornada, pero viendo que la diferencia era insignificante se optó por este método que le aporta facilidad a la confección de las tablas e inmediatez a obtención de los resultados finales. Los valores obtenidos en este último sector de la tabla son utilizados como entrada de la tabla siguiente, donde se establece para cada uno de los materiales el resumen de ingreso y egreso diario.

### 4.2.3 Planillas diarias – Stock disponible

<b>FEDERICO</b>															
PERIODO: ABRIL/13															
	0-6			6_19			20-30			ARENA SILÍCEA			ASFALTO		
FECHA	INGRESO	EGRESO	DISPONIBLE	INGRESO	EGRESO	DISPONIBLE	INGRESO	EGRESO	DISPONIBLE	INGRESO	EGRESO	DISPONIBLE	INGRESO	EGRESO	DISPONIBLE
Acum. Mes anterior			729430			567890			356120			321560			57230
01/04/2013	176920	33540	872809,985	27010	14583	580317		16770	339350		8020	313540		3596	53634
02/04/2013	120700	44439	949071,404		19321	560996	56750	22219	373881		10627	302913		4764	48870
03/04/2013		50694	898377,141		22041	538955	67210	25347	415744		12123	290790	25640	5435	69075
04/04/2013	69320	31981	935716,367	53950	31981	560925		36778	378966	31780	17589	304981		7886	61188
05/04/2013	27010	72486	890240,234		31516	529409		36243	342723	54670	17334	342317		7771	53417
06/04/2013	88450	37456	941234,234	80460	16324	593545		18728	323995	25860	8957	359220		4016	49401

Tabla 4.3 Planilla diaria y de stock disponible de materiales.

Con las planillas de movimiento diario y stock disponible se completa el sistema de información con el cual se cuenta en la obra. Las mismas toman como datos de entrada los valores netos o totales de los ingresos y egresos diarios de materiales. Las entradas se obtienen a partir de las planillas de entrada, sumando la totalidad de cada material que se acopia en cada día. Las salidas se computan a partir de las planillas de egreso, sumando el desacopio que produce cada viaje al ser cargado.

El acumulado es producto de lo que ya se tiene más lo que entra, menos lo que sale. Así se tiene de modo actualizado la totalidad de los materiales con los que se cuenta en stock. Cuando se alcanza un nivel de disponibilidad de algún insumo demasiado bajo la planilla enciende una alerta, a los fines de que no se genere un desabastecimiento del mismo, que determinaría un párate en la producción. A continuación se hará mención de las verificaciones que se llevan a cabo a los fines de determinar si el valor de planillas se corresponde con el acopio.

### **4.3 VERIFICACIONES DE STOCK**

Como es lógico pensar, el sistema de información no es infalible y puede tener alguna falla o fisura que aleje sus resultados de la realidad, a su vez en caso de no tener fallas, también es posible que por algún motivo los valores que estima no se condigan con la realidad. Para tener en cuenta estas situaciones regularmente se realizan verificaciones del stock disponible en la planta a modo de establecer la cantidad real de material disponible.

#### **4.3.1 Áridos**

El acopio de material granular es revisado con una frecuencia de quince días, a fin de establecer de un modo bastante aproximado cual es su volumen, y por conversión cuantas toneladas se disponen de cada fracción.

El proceso de cubicado de los materiales se establece teniendo en cuenta la geometría del mismo, y usando fórmulas elementales. La forma general de las montañas de agregados responde al modo de descarga que tienen los camiones que los transportan hacia el predio, como así también al movimiento que le aporta la cargadora frontal para facilitar su operación. El volumen de cada una de ellas se puede aproximar mediante un prisma triangular coronado por dos medios conos en sus extremos.



Fig. 4.1 Acopio de áridos a cubicar.

Los datos que necesariamente se deben recabar mediante mediciones son entonces:

- Longitud del prisma
- Ancho del prisma
- Altura del prisma

Este último valor se obtiene mediante una medición indirecta dado que su estimación real puede llegar a ser bastante errónea. Se toma la hipotenusa sobre la cara del montículo y con ella se despeja la altura.

Así se tendrá  $l_m$ ,  $a_m$  y  $h_m$  según el siguiente esquema, y con los cuales se desarrollarán las ecuaciones correspondientes.

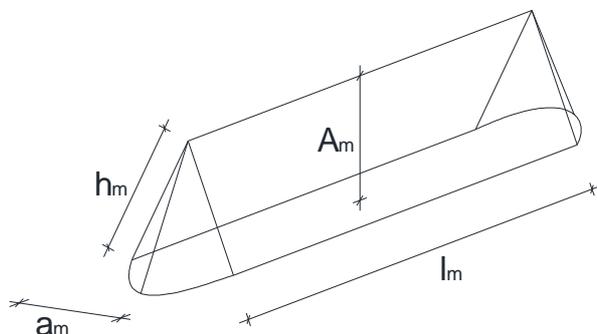


Fig. 4.2 Diagrama de cubicación de áridos

Se comienza con la expresión mediante la cual obtenemos la altura del montículo en función de la hipotenusa y el ancho de la base:

$$A_m = \sqrt{h_m^2 + \left(\frac{a_m}{2}\right)^2}$$

desarrollando

$$A_m = \sqrt{h_m^2 + \frac{a_m^2}{4}}$$

A continuación se expresa genéricamente el volumen total a determinar

$$Vol_{total} = Vol_{prisma} + 2 \cdot \frac{Vol_{cono}}{2}$$

$$Vol_{total} = Vol_{prisma} + Vol_{cono}$$

entonces se desarrolla la expresión del volumen del prisma y del cono

$$Vol_{prisma} = a_m \cdot \frac{A_m}{2} \cdot l_m$$

$$Vol_{cono} = \frac{1}{3} \cdot Vol_{cilindro} = \frac{1}{3} \cdot \left(\pi \cdot \frac{a_m^2}{4}\right) \cdot A_m$$

sumando ambas expresiones se obtiene el volumen total buscado

$$Vol_{total} = \frac{1}{2} \cdot a_m \cdot A_m \cdot l_m + \frac{1}{12} \cdot \pi \cdot a_m^2 \cdot A_m$$

De este modo se obtiene el volumen total de cada acopio en particular, luego afectando este valor por el peso específico de cada uno de los áridos en cuestión se obtienen las toneladas totales disponibles de cada material, que deben ser aproximadamente iguales a las que nos reporta el sistema de información.

En la experiencia particular de la obra en cuestión no se tuvieron diferencias significativas, las mismas no superaron el 5%.

#### 4.3.2 Asfalto

El control del volumen real disponible de asfalto se lleva a cabo con mayor precisión y periodicidad, dado lo crítico que resulta el mismo para el proceso productivo y los plazos de entrega que se tienen corrientemente. Es así que cada 48 horas se realiza una revisión de los tanques de almacenamiento. Como ya se mencionó anteriormente, por la propia

operatoria de la planta siempre se deben tener llenos los tanques más cercanos al módulo mezclador, por lo tanto al final de cada jornada se completa el tanque N°1, y de ser posible el N°2 también. Es así que a los tanques llenos se los considera con la totalidad de su carga (28000 litros) mientras que los que se encuentran completos de manera parcial son sometidos a medición. (Ver Fig. 4.3 y Fig. 4.4)

La determinación del volumen disponible en un tanque se realiza introduciendo por la abertura superior una varilla metálica dispuesta a tal fin, de la cual se puede conocer la altura ocupada por fluido en el recinto. En base a una tabla como la que se muestra a continuación en la Fig. 4.4 se puede estimar el volumen en función de la altura. Nuevamente, y al igual que en el caso de los áridos, afectando el volumen total (tanques llenos y parcialmente llenos) por el peso específico del asfalto se obtienen las toneladas disponibles, que deben ser cotejadas con lo que indican las planillas. Durante la estadía del pasante en la obra ambas cantidades siempre coincidieron casi a la perfección, quizás por tener un volumen cuantificable de un modo más preciso en comparación con el material granular.

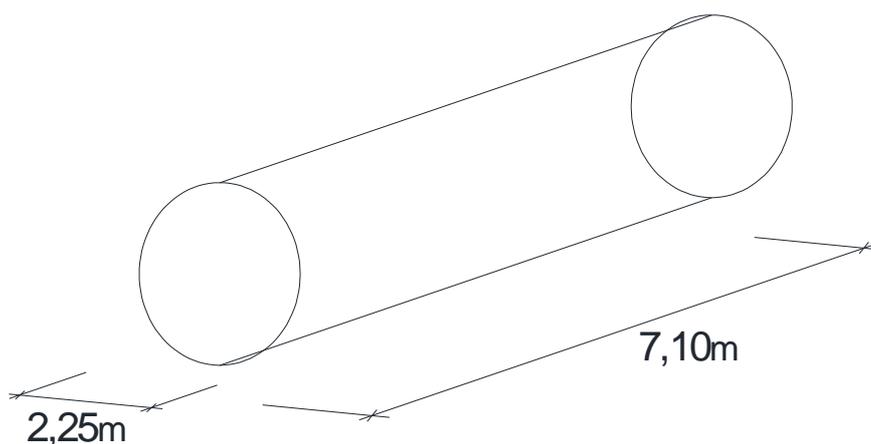


Fig. 4.3 Geometría y dimensiones de los tanques de almacenamiento.

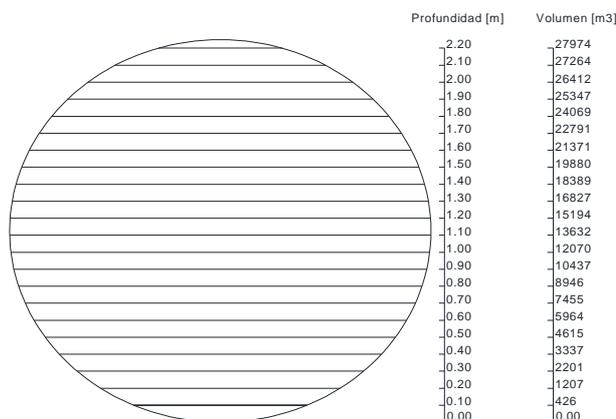


Fig. 4.4 Tabla de volumen disponible en función de la altura existente de fluido.

Vale aclarar que dicho método de medición (introducción de varilla) no es el que indica el sentido común y el buen proceder, de hecho los especialistas recomiendan que *los tanques de reserva de asfalto deben estar graduados de forma tal que se pueda determinar la cantidad de material que queda en el mismo es cualquier momento* (Tecnología del asfalto y prácticas de construcción. Comisión permanente del asfalto de la República Argentina. 1983). Esto se debe fundamentalmente a que es preferible la obtención de los valores mediante una lectura rápida y directa, que no implique poner en contacto el fluido con un cuerpo extraño que pueda contaminarlo o bien obstruir alguna canalización o dispositivo de bombeo por llevar adherido partículas de suciedad.

#### 4.4 LOGÍSTICA DE APROVISIONAMIENTO

El ingreso de materiales resulta un tema muy delicado para el funcionamiento de la obra, ya que de él depende prácticamente todo. Cualquier falla o falta de coordinación en este aspecto determina un párate en las actividades, con los consabidos gastos que esto ocasiona. Es por ello que se determinó un sencillo pero no menos efectivo sistema de aprovisionamiento basado principalmente en que el abastecimiento se debe dar en la misma medida en que ocurre el desabastecimiento. Es decir las toneladas de áridos que dejan la planta en un día deben ser repuestas ese mismo día o aproximadamente; lo mismo ocurre para el asfalto.

Así fue que al comienzo de la obra se efectuó un ingreso de material para abastecer la planta por unos 10 días aproximadamente, determinados por la capacidad del predio en superficie. A partir de allí se estableció que las cantidades de ingreso estén en correlación con las de salida. Para una producción promedio de 250tn diarias se tiene un desacopio de:

- 0-6 (46%) => 116tn
- 6-19 (20%) => 50tn
- 20-30 (23%)=> 57,5tn
- Arena silíceo (11%) => 27,5tn

que es utilizado para establecer las necesidades de ingresos. Generalmente se opera ingresando un día 0-6, por ser el más demandado y otro día 6-19 y 20-30 que sumados alcanzan una cantidad similar a la del primero. Lógicamente con este proceder se hacen ingresar las cantidades correspondientes a dos días, con lo cual se tiene que diariamente arriba al predio al predio un cargamento de cinco equipos chasis acoplado.

La provisión de arena es, sin dudas, el aspecto más sencillo ya que, en primer lugar, es realizada por la flota de camiones de la empresa y en segundo término, la cantera de este árido se encuentra próxima al obrador. Día de por medio el primer camión en culminar sus tareas en el tramo se dirige hacia la explotación y completa un viaje de arena. Con esto se completa la provisión de este árido.

El aspecto más delicado en cuanto al abastecimiento lo representa el asfalto, fundamentalmente por los plazos de entrega que se manejan. Actualmente YPF maneja una demora de 10 días entre el pedido y la entrega, lo que muchas veces complica las tareas. Aproximadamente, y manejando el valor de producción mencionado anteriormente, un equipo de 25tn se consume en solo dos días con lo cual, debe haber un cargamento ingresando en ese mismo periodo. Hacer la previsión para abastecerse con esta frecuencia no es algo demasiado complejo, el problema reside en que en muchas ocasiones YPF demora los plazos de entrega por problemas de producción o transporte del producto. De este modo un atraso en la entrega de tres días ya hace que se consuma todo el stock disponible, de modo tal que ante alguna desafortunada eventualidad la producción se paraliza. Frente a esto no existe ninguna solución a la vista, más allá de tener un cuidado especial en hacer los pedidos sin demorar un día. Como solución se puede proponer contar con mayor capacidad de almacenamiento, de modo tal de trabajar con un mayor margen de seguridad frente a imprevistos.

## 5. AUTOCONTROL DE CALIDAD

En este capítulo se abordarán todos los temas referidos al control de calidad en general de la obra, que incluirán básicamente los procesos de ensayos tanto de entrada como de salida, como así también todo el equipamiento necesario para realizarlos.

Este tópico refiere a uno de los aspectos centrales de la obra, puesto que mediante ensayos es como se puede conocer que ingresa y que egresa de la planta, más allá de apreciaciones subjetivas basadas en la experiencia.

### 5.1 EQUIPAMIENTO - LABORATORIO

El pliego establece que en la obra debe montarse un laboratorio con instrumental para la realización de ensayos viales conforme a la *Sección 119 del Pliego General de Condiciones y Especificaciones Técnicas más usuales D.N.V. 1993* (Artículo 22 del Pliego Particular de Condiciones de la Obra). Esto se traduce básicamente en el instrumental usual de un laboratorio vial sumándole un elemento que no siempre se encuentra, pero que en este caso particular es expresamente solicitado: el viscosímetro Brookfield para la determinación de la viscosidad dinámica de las distintas partidas de asfalto que ingresen a la planta. *Además deberá contar en obra con todo el equipamiento necesario que permita la determinación de la viscosidad dinámica, contando en obra con un viscosímetro rotacional con cámara termostatazada para viscosidad dinámica Brookfield "Rotacional Viscometer Type Brookfield Thermosel" según Norma IRAM 6837 8ASTM D4402) con todos sus accesorios* (Artículo 22 del Pliego Particular de Condiciones de la Obra).

De este modo el equipamiento consta de los siguientes elementos:

-Serie normalizada de tamices

Para el desarrollo de ensayos granulométricos.

Compuesta del siguiente modo:

- Tamiz 1 1/4"
- Tamiz 1"
- Tamiz 3/4"
- Tamiz 1/2"
- Tamiz 3/8"
- Tamiz N°4
- Tamiz N°8

- Tamiz N°16
- Tamiz N°40
- Tamiz N°100
- Tamiz N°200

En la siguiente imagen se pueden apreciar los mismos.



Fig. 5.1 Serie normalizada de tamices.

- Horno eléctrico regulable

Utilizado para la extracción de humedad de las distintas muestras de áridos, como así también para conservar las muestras de mezcla asfáltica a la temperatura requerida para el moldeado en el Ensayo Marshall.

Fig. 5.2 Horno eléctrico regulable.

#### -Prensa Marshall

Dispositivo eléctrico destinado a efectuar la rotura de las probetas moldeadas para determinar la estabilidad de la mezcla según el Ensayo Marshall.

Consiste en un sistema que comprime diametralmente cada muestra y en base a la lectura que establece el dial de deflexiones se determina el esfuerzo al que fue sometida, multiplicando el valor obtenido por la constante del aro dinamométrico calibrado.

Fig. 5.3 Al centro se observa la prensa Marshall, con su aro dinamométrico y su indicador de deflexiones. A su derecha se observa el baño María utilizado para mantener saturadas y a 25°C las probetas.

#### -Compactador Marshall

Utilizado para la confección de cada una de las probetas. Mediante una masa que desciende repetidamente se le entrega a la mezcla confinada una cantidad de energía que emula la acción de compactado en obra. El motor que moviliza el peso es accionado eléctricamente.



Fig. 5.4 Compactador de probetas Marshall sobre base de ladrillos bloques rellenos con hormigón.

-Equipo Abson con centrifuga.

Aparato compuesto de dos cuerpos donde se produce la separación del cemento asfáltico de los áridos, obteniéndose así el porcentaje real de asfalto en la mezcla.

Este proceso se realiza mediante calefacción y condensación de una solución de mezcla asfáltica y tricloroetileno en el equipo Abson propiamente dicho en primer lugar y luego efectuando el centrifugado del residuo de fino, tricloro y asfalto. En estos dos pasos se logra obtener el asfalto utilizado en una muestra determinada de mezcla asfáltica.



Fig. 5.5 Equipo Abson para separación mediante calefacción y posterior condensación. El proceso de recuperación de asfalto se completa con la centrifuga que aparece al pié de la Fig. 5.1

-Bomba de Vacío y kitsatos

Son los elementos necesarios la ejecución del ensayo y la posterior obtención de la densidad Rice de la muestra.



Fig. 5.6 Bomba de vacío y kitsatos para determinación de densidad Rice.

-Otros elementos de laboratorio

Tiene por fin la ejecución de distintos ensayos menos habituales en la operatoria del laboratorio vial en una obra asfáltica, como ser Equivalente Arena, Lajosidad, etc.

Fig. 5.7 Distintos elementos de laboratorio.

## 5.2 CONTROL DE CALIDAD MATERIALES AL INGRESO

### 5.2.1 Control de Triturado Granítico

Si bien el pliego establece una serie de requisitos a ser cumplidos por los áridos intervinientes en la mezcla en lo relativo a desgaste, cubicidad, lajosidad, absorción y durabilidad, lo cierto y concreto es que todos estos ensayos se realizan en la fase previa, para lograr la aprobación del árido de la cantera propuesta.

Durante la etapa de operación diaria de la planta los mismos no se efectúan ni esporádicamente. El único control que se realiza es una inspección visual respecto de la suciedad con la que las fracciones gruesas ingresan. Concretamente en el primer mes de operación se hicieron numerosos reclamos a la cantera en virtud de que, tanto el 6-19 como el 20-30, llegaban con mucho fino adherido. Este hecho, que aparenta no tener importancia significativa, afecta de modo considerable a la granulometría de la mezcla incorporando una importante cantidad de material pasante tamiz 200. En los meses posteriores esta realidad se mejoró notablemente habiéndose modificado en la cantera la disposición del acopio, alejándolo del 0-6 que lo contaminaba a partir del polvo que dejaba en suspensión en la operación de carga y descarga.

A partir también de la observación, y solo cuando se observan cambios considerables en la graduación de una partida en particular, se desarrollan ensayos de granulometría a fin de determinar si la fracción ingresante responde a los parámetros esperados en cuanto a pasante y retenidos. Se observaron partidas que no respondían fielmente, por ejemplo 6-19 con importante cantidad de retenido 3/4", las mismas fueron observadas en el remito y la negociación relativa a un descuento pasó a la sección de pago a proveedores.

### **5.2.2 Control de Arena Silíceo**

En este caso el único control que se realiza es el relativo a la limpieza del árido, a través de un ensayo de equivalente Arena. El mismo se efectúa de tanto en tanto para detectar prontamente alguna anomalía, dado la sencillez del mismo. Sin embargo una simple inspección del acopio permite observar que este árido es de excelente calidad y siempre se encuentra limpio, con ínfimas cantidades de materia vegetal o suciedades.

### **5.2.3 Control de Asfalto**

El control inicial del cargamento de asfalto entrante se efectúa a través de la verificación de los datos de los análisis que se presentan en el protocolo que se adjunta al remito. Por lo general estos datos corresponden a partidas muy grandes producidas en las refinerías por lo que para esta obra el pliego contempla la adquisición de un viscosímetro dinámico tipo Brookfield. Con el mismo se propone la realización un ensayo de viscosidad a cada cargamento entrante para cotejar los datos que brinda el protocolo y determinar las características fundamentales del asfalto y su aptitud para su uso en la obra.

En este caso se espera que el mismo, a una temperatura de 60°C, tenga su viscosidad comprendida en el rango que va de 800 a 1600 (IRAM 6836-37).

Debido a que el equipo antedicho fue recibido en la obra el mismo día en que el alumno culminaba con sus actividades no se darán mayores especificaciones en cuanto al desarrollo del ensayo. A su vez en los anexos se incorpora el protocolo correspondiente al primer equipo que ingresó a la planta, que contenía asfalto provisto por la petrolera Shell.

## **5.3 CONTROL DE CALIDAD DE MEZCLA ASFÁLTICA SALIENTE**

Este punto del control es quizás el más importante en la totalidad del proceso, debido a que en base al mismo se establece la calidad de la mezcla puesta en obra y se realiza la recepción de la misma. La certificación por parte de la DPV se realizará en función del cumplimiento de las requisitorias técnicas establecidas por el pliego de especificaciones.

El proceso consta básicamente de tres partes o ensayos:

- Estabilidad Marshall y fluencia - Análisis de densidad y vacíos.
- Recuperación de asfalto (tenor asfáltico de la mezcla).

-Granulometría

### 5.3.1 Estabilidad Marshall y fluencia - Análisis de densidad y vacíos.

A través de este ensayo se buscan obtener algunos valores que caracterizan tanto a la mezcla en sí, como a su comportamiento en condiciones de servicio. El objetivo fundamental del mismo es la determinación del valor de estabilidad y de fluencia de la mezcla, de modo tal de conocer las características del comportamiento mecánico de la misma.

El valor de la estabilidad Marshall es una medida de la carga bajo la cual una probeta falla o cede totalmente, o dicho de otro modo es un indicador de la resistencia de la mezcla a la deformación. Naturalmente es razonable pensar que se desearía obtener un preparado que alcance el valor más alto de estabilidad, de modo tal de resistir cargas superiores y así prolongar su vida útil. Dentro del campo de la resistencia de materiales este puede ser un concepto cierto, sin embargo no es aplicable a las mezclas asfálticas ya que estabilidades muy elevadas pueden determinar pavimentos demasiado rígidos, con poca capacidad de deformación, lo que conspira en contra de la durabilidad de los mismos.

Para representar la capacidad de deformación se utiliza el concepto de Fluencia. La misma se define como la deformación máxima que desarrolla la probeta en el instante previo a su rotura. En base a su definición se puede inferir que la fluencia debe estar acotada por un valor de máxima, que no permita pavimentos demasiado flexibles, propensos al ahuellamiento y por un valor de mínima que impida mezclas demasiado rígidas que carezcan de las propiedades previstas para pavimentos flexibles.

Es así que el pliego establece un umbral mínimo para la estabilidad, un entorno para la fluencia y un valor máximo para la relación Estabilidad/Fluencia, que restrinja los pavimentos flexibles con comportamiento rígido. Extraemos del mismo las requisitorias puntuales de esta obra:

- *Fluencia entre 3 y 6 mm.-*
- *Estabilidad mínima: 500 Kg.-*
- *Relación Estabilidad Fluencia Máxima: 2,500 Kg./cm.-*

Como se puede observar en las planillas de Autocontrol que se adjuntan en los anexos, los valores de estabilidad se alcanzan sobradamente, sin embargo la relación es siempre superada. Si bien desde la inspección solo se planteó la observación sin penalización este hecho determinará una merma en la vida útil de la obra.

Además de lo relativo a la estabilidad y la fluencia es preciso determinar la densidades reales y teóricas máximas que poseen las distintas probetas. Por ello se realizan sobre las muestras extraídas la determinación de la densidad compactada como así también la teórica máxima (Densidad Rice). En base a los valores obtenidos se puede establecer el

porcentaje de vacíos que contiene la mezcla. Los vacíos son los espacios en el interior de la mezcla no ocupados por áridos, es decir que los mismos contienen asfalto o aire. La presencia de ellos es de suma importancia ya que producto del tránsito que solicita al pavimento se origina una redistribución de los granos de triturado y arena dentro de la mezcla, este efecto de compactación progresivo es posible en la medida que haya espacio para ser ocupado. A su vez la presencia de asfalto ocupando los mismos está limitada en función de que si hay exceso de cementante el mismo aflora hacia la superficie debido a la ausencia de espacio producto del compactado tardío. Este proceso se denomina exudación y debe ser evitado.

Así es que el pliego establece requisitos a cumplir por la mezcla en este aspecto, los mismos se enuncian a continuación:

- Vacíos: 3 a 6% (calculado por Método de Rice)
- Relación betún-vacíos: entre 70 y 80%

También en lo relativo al tópico estabilidad cabe consignar la restricción que establece el pliego en cuanto a la Estabilidad Remanente solicitada. La misma indica la pérdida de resistencia que opera en el pavimento a causa de la presencia de agua. Según el porcentaje relativo al ensayo de estabilidad Marshall se establecen descuentos o penalizaciones que acaban en el rechazo de una partida en caso de que los ensayos sobre la misma no alcancen el 65% de la estabilidad. Del pliego se extrae lo siguiente:

*Caso que la Estabilidad Remanente arroje valores comprendidos entre 75% y 65%.-*

*Las cantidades ejecutadas se certificarán con las siguientes penalidades consistentes en disminuciones a afectar el precio unitario del Sub-Ítem:*

<u>ESTABILIDAD REMANENTE</u>	<u>PORCENTAJE DEL PRECIO UNITARIO</u>
75 ó más	100%
74,9 - 71	95%
72,9 - 71	90%
70,9 - 69	85%
68,9 - 67	80%
66,9 - 65	75%

- *En ningún caso se procederá a la devolución del descuento efectuado en la Certificación.-*
- *El tramo en cuestión quedará en observación hasta la recepción definitiva a los efectos de detectar eventuales fallas en el comportamiento de la mezcla. En caso de que el tramo señalado no se comportara satisfactoriamente según criterio de la*

*Inspección, el Contratista deberá rehacerlo a su exclusivo cargo.-*

- *Se comunicará por escrito a la Empresa el resultado del ensayo, debiendo en un plazo de cinco días arbitrar los medios para corregir los mismos, de lo contrario la Inspección deberá parar la producción de mezcla asfáltica hasta tanto la Empresa dé una solución al problema.-*
- *Asimismo se comunicará que resultados por debajo de 65% implicará el rechazo de la obra y la no certificación de los trabajos.-*

Por último y en lo relativo a estabilidades y vacíos es preciso efectuar la corroboración de que las densidades alcanzadas en el tramo se aproximen a las obtenidas en las probetas moldeadas en el laboratorio. Estudios teóricos indican que obteniéndose en obra una densidad similar a la obtenida en laboratorio, las propiedades del pavimento serán muy similares a la de las muestras, es decir a las deseadas. Así es que el pliego establece que los testigos extraídos en la calzada deben alcanzar el *98% de la densidad Marshall* correspondiente al promedio de las probetas moldeadas el día de la ejecución del tramo correspondiente. En la operatoria de esta obra en particular se extraen testigos cada 3 días y los mismos son sometidos al chequeo correspondiente. En caso de no alcanzarse el 98% de la densidad, ese tramo queda observado y es evaluado por los inspectores de vialidad en los días posteriores.

En los anexos se adjunta la metodología propuesta por la DNV para la realización de los ensayos de estabilidad y densidad.

### **5.3.2 Recuperación de asfalto (tenor asfáltico de la mezcla)**

En cuanto al porcentaje de asfalto presente en la mezcla, el pliego de especificaciones particulares establece que el mismo debe ser el adoptado para la mezcla con una tolerancia (en exceso o defecto) de 0,2%. Teniendo en cuenta que para esta obra se estableció un porcentaje deseado de 4,7% tenemos que las recuperaciones deben estar entre el 4,5% y el 4,9% hecho que se cumple siempre, tal como se puede observar en las planillas diarias que se adjuntan en los anexos.

Para efectuar dicho ensayo se cuenta con un equipo conocido como Abson con centrífuga, el mismo se encarga de separar por medios físicos y químicos los áridos del ligante asfáltico. A continuación se explica de modo sucinto dicho ensayo.

En primer lugar se extrae una porción de mezcla asfáltica de la misma bandeja que se utiliza para los ensayos Marshall y Rice. Dicha extracción es pesada. A continuación la misma es sumergida en una solución de tricloroetileno y colocada en el equipo Abson, el cual efectúa sobre la misma un calentamiento que determina que el asfalto se "despegue" del árido pase a formar parte de una solución junto al tricloro. Posteriormente esta solución se evapora y condensa. Al finalizar esta parte del ensayo tenemos separados la parte gruesa del árido (retenido tamiz 200) en estado natural, es decir sin presencia de asfalto, por un lado, y por otro una solución conformada por asfalto, tricloro y la fracción

fina. Esta solución es tratada ahora en una centrífuga que separa físicamente el asfalto del árido luego de un tiempo prudencial de operación. Por diferencias de pesos se puede obtener la cantidad de asfalto en la muestra y a partir de la misma determinar el porcentaje del mismo que interviene.

### 5.3.3 Granulometría

Con la totalidad de los áridos separados en el ensayo de recuperación de asfalto, es decir los separados en el Abson y en la centrífuga se procede a desarrollar un ensayo tradicional de granulometría a fin de determinar si la curva obtenida en la mezcla se ajusta los porcentajes establecidos por el pliego y cae en el entorno previsto.

La requisitoria particular en este caso establece:

*La mezcla estará comprendida dentro del entorno granulométrico que se indica a continuación:*

#### ENTORNO GRANULOMÉTRICO DE LA MEZCLA

<u>TAMIZ</u>	<u>% QUE PASA</u>
3/8"	100
Nº 4	75-95
Nº 8	45-70
Nº16	25-45
Nº40	10-25
Nº100	5-15
Nº200	4-12

*La forma de la curva, resultante de la mezcla de áridos deberá armonizar con las curvas límites del entorno, sin presentar quiebres ni inflexiones.-*

*La arena silíceo no deberá intervenir en proporción superior al 25%.-*

*Se deja constancia, debido a que la granulometría de los áridos puede variar, que el Contratista corregirá en todo momento la mezcla en Obra, a los fines de cumplir las especificaciones establecidas.-*

*Se exigirá una mezcla bien graduada, con arena de trituración ligeramente angulosa, controlándose durante el proceso constructivo considerando los tamices 3/8"; Nº 4; Nº 8; Nº 16; Nº40; Nº 100; Nº 200; estableciéndose las tolerancias que a continuación se detallan.-*

1. Más - menos 4% para tamices de la mayor abertura hasta el N° 4 inclusive.-
2. Más- menos 3% para tamices del N° 8 al N° 100 inclusive.-
3. Más- menos 2% para el tamiz N° 200.-

A partir de las gráficas correspondientes que se adjuntan en las planillas se observa que mayormente se cumple con lo establecido a excepción de lo que ocurre en el tamiz de 1/2". Allí se tiene que el porcentaje pasante es inferior al establecido, teniéndose un quiebre brusco y cayendo fuera del entorno en muchos casos. Esto obedece básicamente a una mala graduación del triturado 6-19, que es "más grueso" de lo que debería, es decir se necesita que en proporción tenga mayor aporte de 6-12 que de 12-19 para solucionar el problema. Esta situación fue informada a la cantera y a la finalización de las labores del alumno, en Blancaley se encontraban trabajando para hallar una solución.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones a las que se arriban luego de la realización de esta actividad a lo largo de varios meses abarcan tanto la parte humana y personal como la técnica.

En el campo de lo personal fue muy enriquecedora ya que puso en contacto al alumno con grupos humanos con los cuales no estaba acostumbrado a convivir y a los cuales veía lejanos. Sin embargo el personal de la empresa demostró ser muy cálido y solidario a la hora de trabajar y de compartir su experiencia. Sirvió para entrar en contacto con proveedores, funcionarios, especialistas lo que otorga una mínima experiencia en cuanto al manejo de determinadas situaciones o la forma en que se deben abordar distintas problemáticas.

En la faz técnica aportó parte del conocimiento relativo a la organización, diagramación y realización del traslado de una planta productora de mezcla asfáltica. Al mismo de los errores e imprevistos se obtiene una valiosa experiencia, que se refleja en las siguientes recomendaciones:

- Realizar profundos análisis económicos ante de la puesta en marcha de tamaño empresa.
- Efectuar un mantenimiento constante de la maquinaria para evitar un grado de deterioro tal que ponga en duda la correcta y duradera operación de la planta.
- Efectuar todas las tareas de reparación y verificación en una instancia previa al desarmado y movilización de los equipos.
- Trabajar siempre con personal especializado, y con experiencia en la operación y mantenimiento de la planta en cuestión.
- En el equipo de trabajo nunca pueden faltar mecánicos y electricistas especializados en este tipo de maquinarias.
- Lo primero en ser montado en un obrador de estas características debe ser la balanza, y la misma se debe diseñar estimando el rango de cargas a soportar. Esto permite que el proceso de acopio previo se realice mientras se monta la planta.

Finalmente se reconoce este proceso de aprendizaje como sumamente importante en la formación profesional ya que pone en contacto al estudiante con el mundo real, con todas las adversidades que este propone, exponiéndolo a la problemática cotidiana que debe sortear haciendo uso de los conocimientos adquiridos, la experiencia y la creatividad.

## BIBLIOGRAFÍA

-Comisión Permanente del Asfalto de la República Argentina. *Tecnología del Asfalto y Prácticas de Construcciones*. Buenos Aires 1983.

-Dirección Nacional de Vialidad. *Normas de ensayo*. Buenos Aires 1998.

-Dirección Nacional de Vialidad. *Pliego de especificaciones Técnicas Generales*. Buenos Aires 1998.

-Dirección Provincial de Vialidad. *Memoria Descriptiva - Conservación y Rehabilitación de Ruta Provincial N°6*. Córdoba 2011.

-Dirección Provincial de Vialidad. *Pliego Particular de Condiciones - Conservación y Rehabilitación de Ruta Provincial N°6*. Córdoba 2011.

-Dirección Provincial de Vialidad. *Pliego Particular de Especificaciones Técnicas - Conservación y Rehabilitación de Ruta Provincial N°6*. Córdoba 2011.

-Huang Yang H. *Pavement Analysis and Design*. Second Edition. Ed. Prentice Hall.

# ANEXOS