

# SEGUIMIENTO DE CONTROL DE CALIDAD

REHABILITACIÓN

RUTA PROV. A-174

VILLA RETIRO - COLONIA TIROLESA

CÓRDOBA

**ALUMNO:** MANGER NICOLÁS

**TUTOR:** SR. DANIEL DE LA RUBIA

**SUPERVISOR EXTERNO:** ING. BARUZZI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

## **AGRADECIMIENTOS:**

A todas las personas que me ayudaron para que pueda realizar este trabajo y en especial mi Novia Gabi y mi familia.

En primer lugar quiero agradecer a Daniel de La Rubia, mi tutor de la Práctica supervisada, que aparte de ser una gran persona y compañero, fue como un profesor más a lo largo de estos años, transmitiéndome todos sus conocimientos y experiencias en la ingeniería en caminos.

A toda la Empresa AFEMA S.A. que me dio la oportunidad de realizar esta práctica supervisada y en especial a los laboratoristas Lalo y Esteban, los cuales me enseñaron muchas cosas prácticas y siempre estuvieron dispuestos para ayudarme y responder mis preguntas.

Al Ingeniero Alejandro Baruzzi, mi tutor en esta práctica, por su labor, información y buena predisposición a lo largo de esta práctica.

Amigos y compañeros, que fueron parte de este proceso, compartiendo el día a día y apoyando en cada momento.

Muchas gracias a todos !!!

## **RESUMEN:**

El desarrollo de la presente Práctica Profesional Supervisada, procura alcanzar como objetivo general el obtener experiencia práctica complementaria aplicando y profundizando los conceptos adquiridos durante los años de estudio de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. Se emplearán los conceptos adquiridos durante el cursado de las distintas materias, adecuadas a la necesidad esta temática.

El presente informe está referido al seguimiento del control de calidad de la rehabilitación de la Ruta A-174, en la Provincia de Córdoba. La obra a ejecutar consiste en la rehabilitación total del tramo; en ella se prevé la construcción de una nueva estructura sobre la ya existente, con mejoras en el diseño geométrico (peraltes y replanteo de curvas), en el paquete estructural, drenaje, banquetas y, señalización horizontal y vertical. AFEMA S.A es una empresa de construcción vial que tiene su sede central en la localidad de Villa Retiro km 7 ½, Provincia de Córdoba.

En el informe se detallan los ensayos de laboratorio junto con su explicación, el objetivo que persiguen y la discusión de sus resultados y conclusiones. Además se expone la importancia del control de calidad en las obras viales y se muestra un plan de autocontrol. En él, se detallan la frecuencia de los ensayos de laboratorio y controles de calidad necesarios para la óptima ejecución de todas las etapas de construcción de la obra.

Hace hincapié fundamentalmente en la explicación de los ensayos de laboratorio realizados durante la ejecución de una obra vial, y tiene como objetivo ser un manual práctico de consulta para todo tipo de estudiante o profesional.

## ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>9</b>
<b>2.</b>	<b>DESCRIPCION DE LA OBRA .....</b>	<b>11</b>
<b>3.</b>	<b>CONDICIONANTES DE LA OBRA.....</b>	<b>14</b>
<b>4.</b>	<b>PLAN GENERAL DE AUTOCONTROL .....</b>	<b>17</b>
	<b>4.1. SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD (S.A.C.) .....</b>	<b>17</b>
<b>5.</b>	<b>PRODUCTOS PRIMARIOS .....</b>	<b>18</b>
	<b>5.1. SUELOS .....</b>	<b>18</b>
	5.1.1. SUELO CAL .....	18
	CONDICIONES A CUMPLIR .....	18
	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	25
	5.1.2. SUELO CEMENTO .....	26
	CONDICIONES A CUMPLIR .....	26
	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	28
	<b>5.2. AGREGADOS .....</b>	<b>29</b>
	5.2.1. ARENA SILÍCEA .....	29
	CONDICIONES A CUMPLIR .....	29
	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	32
	5.2.2. TRITURADOS .....	32
	5.2.2.1. TRITURADO 0-6 .....	33
	CONDICIONES A CUMPLIR .....	33
	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	35
	5.2.2.2. TRITURADO 6-19.....	36
	CONDICIONES A CUMPLIR .....	36
	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	45
	5.2.2.3. TRITURADO 6-25.....	46
	CONDICIONES A CUMPLIR .....	46
	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	49
	<b>5.3. CEMENTOS.....</b>	<b>50</b>
	CONDICIONES A CUMPLIR .....	50
	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	50
	<b>5.4. CALES.....</b>	<b>52</b>
	CONDICIONES A CUMPLIR .....	52
	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	54
	<b>5.5. ACEROS.....</b>	<b>55</b>
	CONDICIONES A CUMPLIR .....	56
	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	56
	<b>5.6. CEMENTOS ASFALTICOS.....</b>	<b>57</b>
	CONDICIONES A CUMPLIR .....	58
	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	62
	<b>5.7. AGUA.....</b>	<b>66</b>
	CONDICIONES A CUMPLIR .....	66
	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	66
	<b>5.8. EMULSIONES.....</b>	<b>68</b>
	CONDICIONES A CUMPLIR .....	68

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	68
<b>6. ESTRUCTURAS .....</b>	<b>69</b>
<b>6.1. ACTIVIDADES PRELIMINARES .....</b>	<b>69</b>
6.1.1. DESBOSQUE, DESTRONQUE Y LIMPIEZA .....	69
<b>CONDICIONES A CUMPLIR .....</b>	<b>69</b>
6.1.2. PREPARACIÓN DE SUBRASANTE .....	69
<b>CONDICIONES A CUMPLIR .....</b>	<b>69</b>
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>74</b>
6.1.3. FRESADO DE PAVIMENTO EXISTENTE: .....	74
<b>CONDICIONES A CUMPLIR .....</b>	<b>74</b>
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>74</b>
<b>6.2. SUBBASE .....</b>	<b>75</b>
6.2.1. CONSTRUCCIÓN DE SUBBASE SUELO – CAL: .....	75
<b>CONDICIONES A CUMPLIR .....</b>	<b>75</b>
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>78</b>
<b>6.3. BASE .....</b>	<b>79</b>
6.3.1. BASE GRANULAR.....	79
<b>CONDICIONES A CUMPLIR: .....</b>	<b>79</b>
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>85</b>
6.3.2. BASE GRANULAR CEMENTADA.....	86
<b>CONDICIONES A CUMPLIR: .....</b>	<b>87</b>
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>91</b>
6.3.3. BASE NEGRA ASFALTICA .....	92
<b>CONDICIONES A CUMPLIR: .....</b>	<b>92</b>
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>111</b>
<b>6.4. RODAMIENTO .....</b>	<b>112</b>
6.4.1. CARPETA DE RODAMIENTO ASFÁLTICA.....	112
<b>CONDICIONES A CUMPLIR: .....</b>	<b>112</b>
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>123</b>
6.4.2. PAVIMENTO DE HORMIGON .....	124
<b>CONDICIONES A CUMPLIR: .....</b>	<b>124</b>
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>132</b>
<b>6.5. DEMARCACION .....</b>	<b>133</b>
6.5.1. DEMARCACION HORIZONTAL.....	133
6.5.2. SEÑALIZACION VERTICAL.....	136
6.5.3. SEÑALAMIENTO DE OBRA EN CONSTRUCCIÓN .....	138
<b>7. BIBLIOGRAFIA: .....</b>	<b>139</b>

## ÍNDICE DE ENSAYOS

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (VN E7-65).....	19
ENSAYO DE INDICE DE PLASTICIDAD (VN E1-E2-65).....	20
ENSAYO DE SALES TOTALES Y SULFATOS SOLUBLES (VN E18-89) .....	24
ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA (VN - E10 – 82) .....	30
ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DE PETREOS GRUESOS (VN - E13 – 67).....	36
ENSAYO DE DESGASTE LOS ÁNGELES (NORMA IRAM 1532) .....	38
ENSAYO DE LAJOSIDAD Y ELONGACIÓN (NORMA V.N – E38-86).....	41
ENSAYO DE CUBICIDAD (VN-E16-67) .....	44
ENSAYO CAL UTIL VIAL.....	52
ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD MEDIANTE UN VISCOSÍMETRO ROTACIONAL IRAM (6837) .....	59
ENSAYO DE PUNTO DE ABLANDAMIENTO (IRAM 6841) .....	62
DETERMINACIÓN DE LA PENETRACIÓN UTILIZANDO UN PENETRÓMETRO DE AGUJA (IRAM 6576) .....	63
ENSAYO DE RESIDUO SÓLIDO Y PH DEL AGUA PARA HORMIGONES Y SUELO - CEMENTO (VN-E-35-89) .....	66
ENSAYO DE VERIFICACIÓN UNIFORMIDAD DE RIEGO DISTRIBUIDORES MATERIAL BITUMINOSO (VN - E29 - 68) .....	68
ENSAYO 15: ENSAYO DE CONTROL DE COMPACTACIÓN POR EL MÉTODO DE LA ARENA (VN-E8-66).....	70
ENSAYO 16: ENSAYO DE HOMOGENEIDAD PARA LA MEZCLA DE LOS TIPOS SUELO - CAL Y DE SUELO - CEMENTO (VN - E34 - 65) .....	76
ENSAYO DE COMPACTACION DE MEZCLAS DE SUELO-CEMENTO Y SUELO-CAL (VN- E19-66) .....	87
ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUENCIA POR EL MÉTODO MARSHALL (VN-E9-86).....	93
ENSAYO DE PÉRDIDA DE LA ESTABILIDAD MARSHALL POR EL EFECTO DEL AGUA (VN-32-67).....	99
ENSAYO DE DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE ASFALTO DE AGREGADOS PÉTREOS PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE (VN-E27-84) .....	100
ENSAYO DE CONTROL DE HORMIGONES ELABORADOS EN OBRAS (VN-E3 -69) .....	125
ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS DE HORMIGON ENDURECIDO (IRAM 1546) .....	130

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: UBICACIÓN DE LA RUTA .....	9
FIGURA 2: PLANIMETRÍA GENERAL DE UBICACIÓN .....	10
FIGURA 3: PERFIL TRANSVERSAL FLEXIBLE .....	12
FIGURA 4: PERFIL TRANSVERSAL RÍGIDO .....	12
FIGURA 5: PERFIL INICIALMENTE PROPUESTO .....	14
FIGURA 6: PERFILES EXISTENTES ANTES DE LA CONSTRUCCIÓN .....	15
FIGURA 7: RESULTADO DEL ENSAYO DE GRANULOMÉTRICO Y DE PLASTICIDAD DE SUELO-CAL .....	23
FIGURA 8: RESULTADO [GLOBALES] DE ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE SUELO - CAL .....	23
FIGURA 9: RESULTADO DEL ENSAYO DE SALES DE SUELO CAL .....	25
FIGURA 10: RESULTADO DEL ENSAYO DE SALES TOTALES Y SULFATOS SOLUBLES.....	27
FIGURA 11: RESULTADO DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA SUELO-CEMENTO.....	28
FIGURA 12: RESULTADO DEL ENSAYO DE PLASTICIDAD SUELO-CEMENTO .....	28
FIGURA 13: RESULTADO DEL ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA .....	31
FIGURA 14: RESULTADO DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA.....	31
FIGURA 15: RESULTADO DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA TRITURADO 0-6.....	33
FIGURA 16: RESULTADO DEL ENSAYO DE PLASTICIDAD TRITURADO 0-6 .....	34
FIGURA 17: RESULTADO DEL ENSAYO DE SALES SOLUBLES TOTALES TRITURADO 0-6.....	35
FIGURA 18: RESULTADO DEL ENSAYO DE PESO ESPECIFICO DEL TRITURADO 6-19.....	38
FIGURA 19: RESULTADO DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA TRITURADO 6-19.....	40
FIGURA 20: RESULTADO DEL ENSAYO DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES DEL TRITURADO 6-19 .....	41
FIGURA 21: RESULTADO DEL ENSAYO DE LAJOSIDAD TRITURADO 6-19.....	43
FIGURA 22: RESULTADO DEL ENSAYO DE ELONGACIÓN TRITURADO 6-19 .....	43
FIGURA 23: RESULTADO DEL ENSAYO DE CUBICIDAD TRITURADO 6-19 .....	45
FIGURA 24: RESULTADO DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA TRITURADO 6-25.....	47
FIGURA 25: RESULTADO DEL ENSAYO DE CUBICIDAD TRITURADO 6-25 .....	47
FIGURA 26: RESULTADO DEL ENSAYO DE ELONGACIÓN TRITURADO 6-25 .....	48
FIGURA 27: RESULTADO DEL ENSAYO DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES TRITURADO 6-25.....	48
FIGURA 28: RESULTADO DEL ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DEL TRITURADO 6-25.....	49
FIGURA 29: PROTOCOLO DE CALIDAD HOLCIM .....	51
FIGURA 30: RESULTADO DEL ENSAYO DE CAL ÚTIL VIAL .....	54
FIGURA 31: PROTOCOLO DE CALIDAD ACERO .....	55

FIGURA 32: CLASIFICACIÓN DE ACUERDO CON LA VISCOSIDAD A 60°C .....	58
FIGURA 33: PROTOCOLO DE CALIDAD DE ASFALTO .....	59
FIGURA 34: RESULTADO DEL ENSAYO DE VISCOSIDAD BROOKFLIED.....	61
FIGURA 35: ENSAYO DE SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA ASFALTO CA-30.....	61
FIGURA 36: GRÁFICO DE SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA ASFALTO CA-30 .....	62
FIGURA 37: RESULTADO DEL ENSAYO DE PUNTO DE ABLANDAMIENTO Y PENETRACION .....	65
FIGURA 38: RESULTADO DEL ENSAYO DE SÓLIDOS Y PH DEL AGUA.....	67
FIGURA 39: RESULTADO DEL ENSAYO DE DENSIDAD DE BASE DE ASIENTO .....	73
FIGURA 40: RESULTADO [GLOBALES] DE ENSAYO DE DENSIDAD BASE DE ASIENTO .....	73
FIGURA 41: RESULTADO DE ENSAYO DE DENSIDAD SUELO - CAL .....	77
FIGURA 42: RESULTADO [GLOBALES] DE ENSAYO DE DENSIDAD SUELO-CAL.....	78
FIGURA 43: DOSIFICACIÓN BASE GRANULAR [CBR] .....	80
FIGURA 44: RESULTADO DEL ENSAYO DE DENSIDAD DE BASE GRANULAR.....	84
FIGURA 45: RESULTADO [GLOBALES] DE DENSIDAD DE BASE GRANULAR .....	84
FIGURA 46: DOSIFICACIÓN BASE GRANULAR CEMENTADA .....	90
FIGURA 47: RESULTADO DE ENSAYO DE DENSIDAD BASE GRANULAR CEMENTADA.....	90
FIGURA 48: RESULTADOS [GLOBALES] DE ENSAYO DENSIDAD BASE GRANULAR CEMENTADA .....	91
FIGURA 49: RESULTADO DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DE TESTIGOS BASE GRANULAR CEMENTADA .....	91
FIGURA 50: DOSIFICACIÓN BASE NEGRA [MARSHALL] .....	108
FIGURA 51: RESULTADO DEL ENSAYO MARSHALL COMPLETO BASE NEGRA .....	109
FIGURA 52: RESULTADO DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA BASE NEGRA.....	110
FIGURA 53: RESULTADO [GLOBALES] DE BASE NEGRA.....	110
FIGURA 54: DOSIFICACIÓN CARPETA DE RODAMIENTO [MARSHALL].....	120
FIGURA 55: RESULTADO DEL ENSAYO MARSHALL COMPLETO CARPETA DE RODAMIENTO. ....	121
FIGURA 56: RESULTADO DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA CARPETA DE RODAMIENTO .....	122
FIGURA 57: RESULTADO [GLOBALES] DE CARPETA DE RODAMIENTO.....	122
FIGURA 58: CONTROL DE ASENTAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS .....	128
FIGURA 59: DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN.....	129
FIGURA 60: RESULTADO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DE PROBETAS DE HORMIGÓN .....	131
FIGURA 61: RESULTADO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DE TESTIGOS DE HORMIGÓN.....	132
FIGURA 62: DEMARCACIÓN HORIZONTAL .....	135
FIGURA 63: DEMARCACIÓN VERTICAL.....	138

## 1. INTRODUCCION

La obra consiste en la rehabilitación de la Ruta Provincial A-174 que se desarrolla en las cercanías de la ciudad de Córdoba y une a la misma con las localidades de Colonia Tirolesa, Colonia Caroya y Jesús María.

El tramo está comprendido entre Villa Retiro y la localidad de Colonia Tirolesa, atravesando zona de quintas y chacras. Forma parte de la Red Vial Secundaria según la categorización de la Dirección Provincial de Vialidad.

La misma tiene un trazado exigido, dado que es un camino que se entrama entre las diversas chacras y quintas que conforman el anillo verde de la Ciudad de Córdoba y abastecen a la misma de frutas y verduras. (Figura 1)

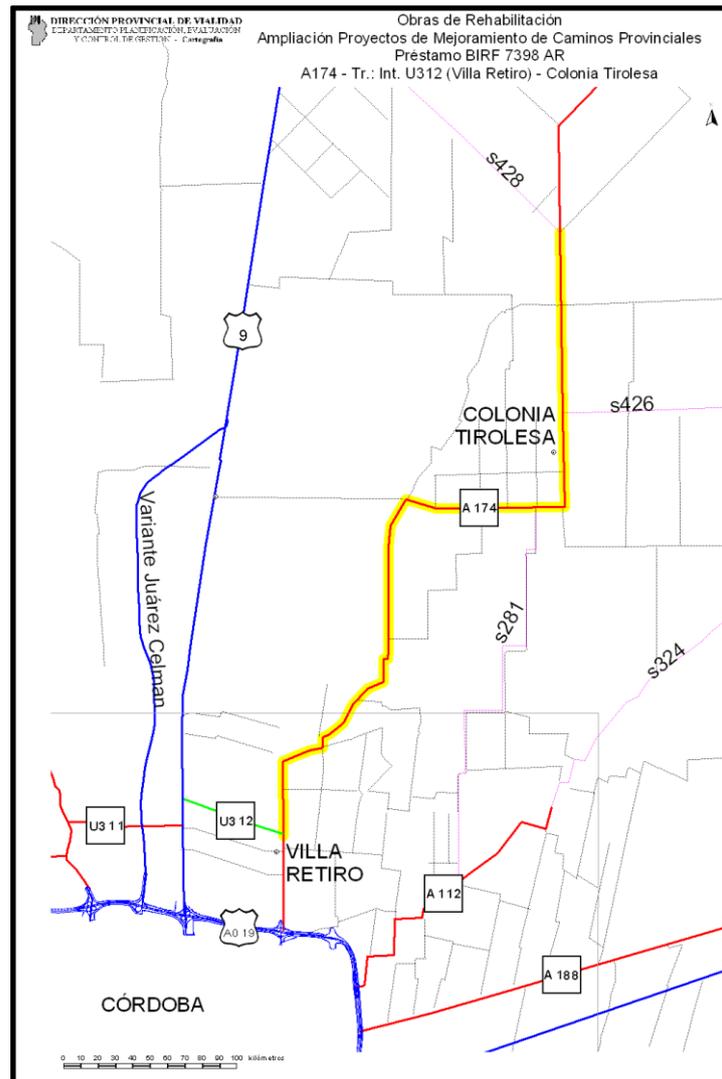


Figura 1: Ubicación de la Ruta

Tiene una longitud total de 23.94 km. Presenta serios problemas estructurales, en especial su carpeta de rodamiento que fue ejecutada en 1947. El diseño geométrico es bastante sencillo, con curvas simples que no tienen peralte, de poca visibilidad e inseguras. (Figura 2)

La calzada presenta un alto grado de fisuración de tipo piel de cocodrilo acusando la fatiga de la carpeta, baches de borde, falta de mantenimiento de las banquetas, y serios problemas de drenaje.

Los continuos accidentes fatales y vuelcos, los bacheos y arreglos superficiales existentes, hacen de la misma una ruta de alta peligrosidad.

Los vecinos de la zona vienen reclamando hace años mediante manifestaciones y cortes de ruta la rehabilitación de la misma.

Es debido a todo lo antes mencionado que esta Ruta requiere de una intervención efectiva lo cual requiere de una rehabilitación, lo que comprende la reconstrucción de la misma para lograr la capacidad estructural requerida y que los Índices de Servicio vuelvan a un estado óptimo.

Este Informe desarrolla todos los controles de calidad que se ejecutan en la construcción de una obra de estas características.

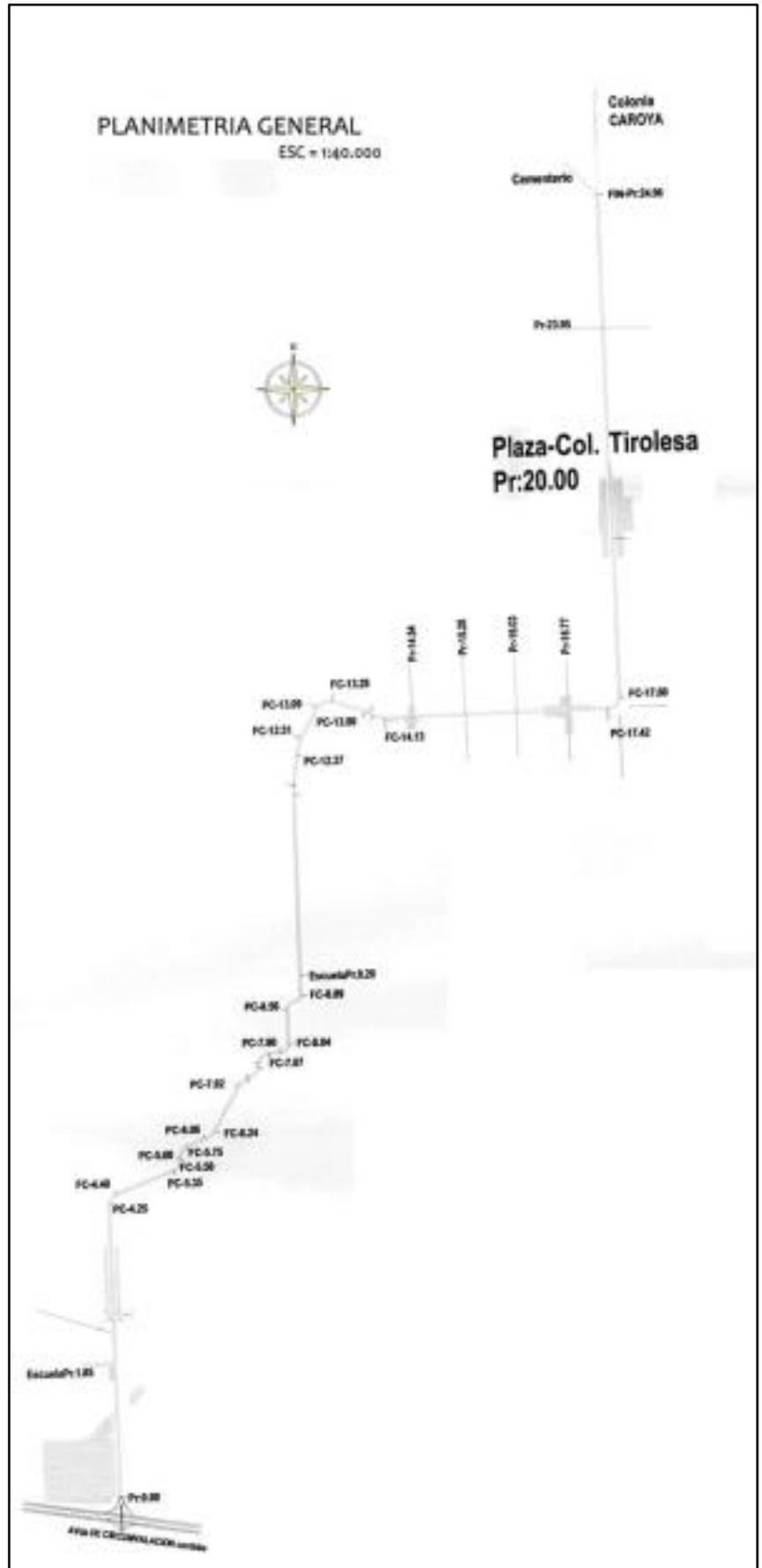


Figura 2: Planimetría General de Ubicación

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

La obra en ejecución consiste en la rehabilitación total del tramo. En ella se prevé la construcción de una nueva estructura sobre la ya existente y una adecuación geométrica planimetría. En la actualidad las curvas horizontales son de radios simples, con un radio inferior al exigido para este tipo de categoría y velocidad directriz.

A partir de la progresiva 0+000, ubicada en el Polideportivo de Villa Retiro, comienza la obra, manteniendo el perfil transversal existente desde dicho punto con cordón cuneta hasta la progresiva 2+050, luego continúa con un perfil rural, cambiando a un perfil urbano en la localidad de Colonia Tirolesa.

### Diseño Estructural:

El diseño estructural se compone de dos secciones tipo debido a la existencia de una zona urbana.

Propone un trazado para la zona rural que prevé el ensanche de la calzada existente que actualmente es de 6 m a 7,10 m, como así también otro para la zona urbana en la cual se prevé la pavimentación y el perfilado de 14 m de ancho entre cordones cuneta.

Quedan dos tipos de perfiles transversales perfectamente definidos:

a) Perfil transversal zona rural entre progresivas 0+000 – 14+400 y 21+600 – 23+940:

Ancho de zona de camino: 30,00 m

Ancho de coronamiento: 11,10 m

Ancho de calzada: 7,10 m

Ancho de banquina: 2,00 m

b) Perfil transversal zona urbana entre las progresivas 14+400 - 21+600:

Ancho de zona de camino: 30,00 m

Ancho de calzada: 7,10 m

Ancho de banquina: 3,45 m

Además se adecuarán las curvas cerradas que presenta el tramo mediante la ejecución de sobreaño de 1,50 m en el desarrollo de las curvas horizontales, con una transición de aproximadamente 80 m en el comienzo y fin de curva respectivamente, a fin de mejorar las condiciones de seguridad en esos sectores evitando de este modo que los vehículos pesados invadan el carril contrario. El peralte máximo en las mismas será del 6% dada la baja velocidad directriz del tramo en esos sectores.

El perfil rural, es una estructura de pavimento flexible, con un ancho de calzada de 7.10 m. En dicho perfil, se fresará toda la carpeta de asfalto existente, y se mejorará la Subrasante con cal al 3%. Por encima de la misma se colocará una base granular de 20 cm y luego una base asfáltica de 12 cm con una carpeta de rodamiento de 5 cm.

En la *Figura 3* se muestra un perfil transversal de pavimento flexible:

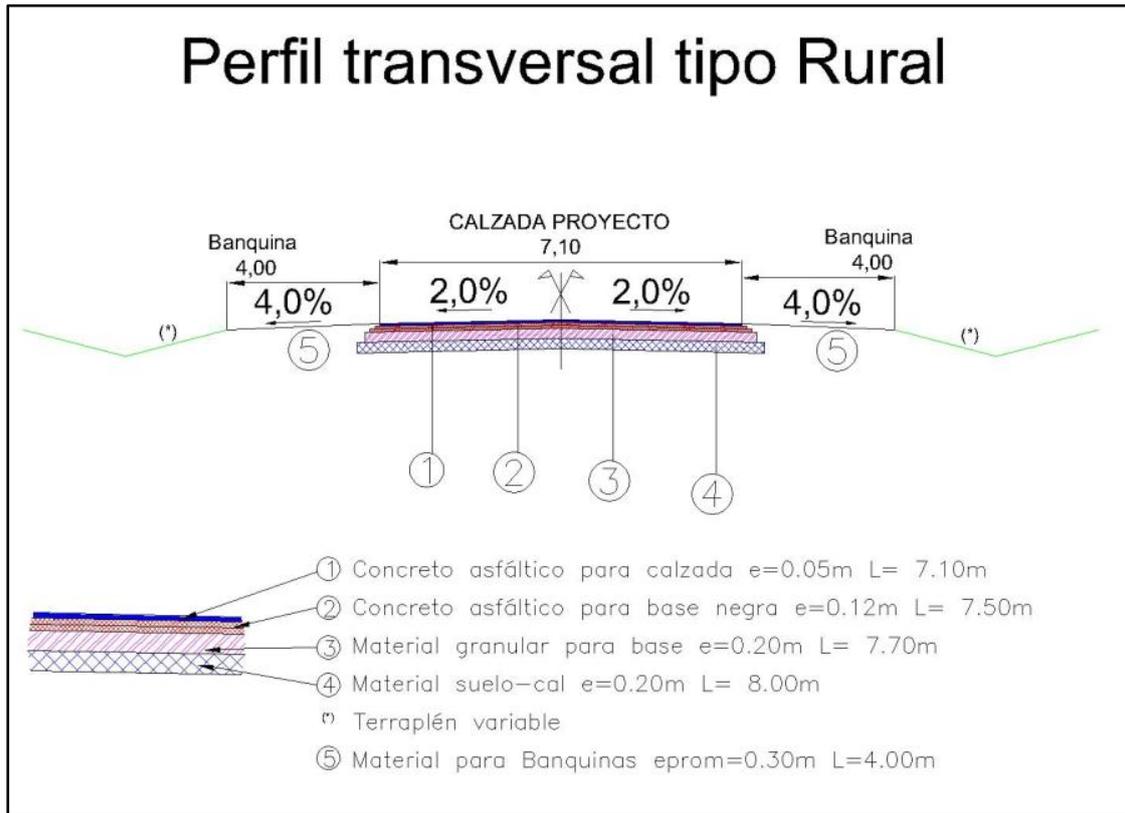


Figura 3: Perfil Transversal Flexible

En el perfil y banquina, representado en la *Figura 4*, se cuenta con una estructura de pavimento rígido, ya que el área urbana cuenta con cordones de vereda. En dichas progresivas se removerá la carpeta asfáltica y se mejorará el suelo inferior con un suelo cemento de 15 cm. Luego se colocará un pavimento de hormigón de 22 cm H-30.

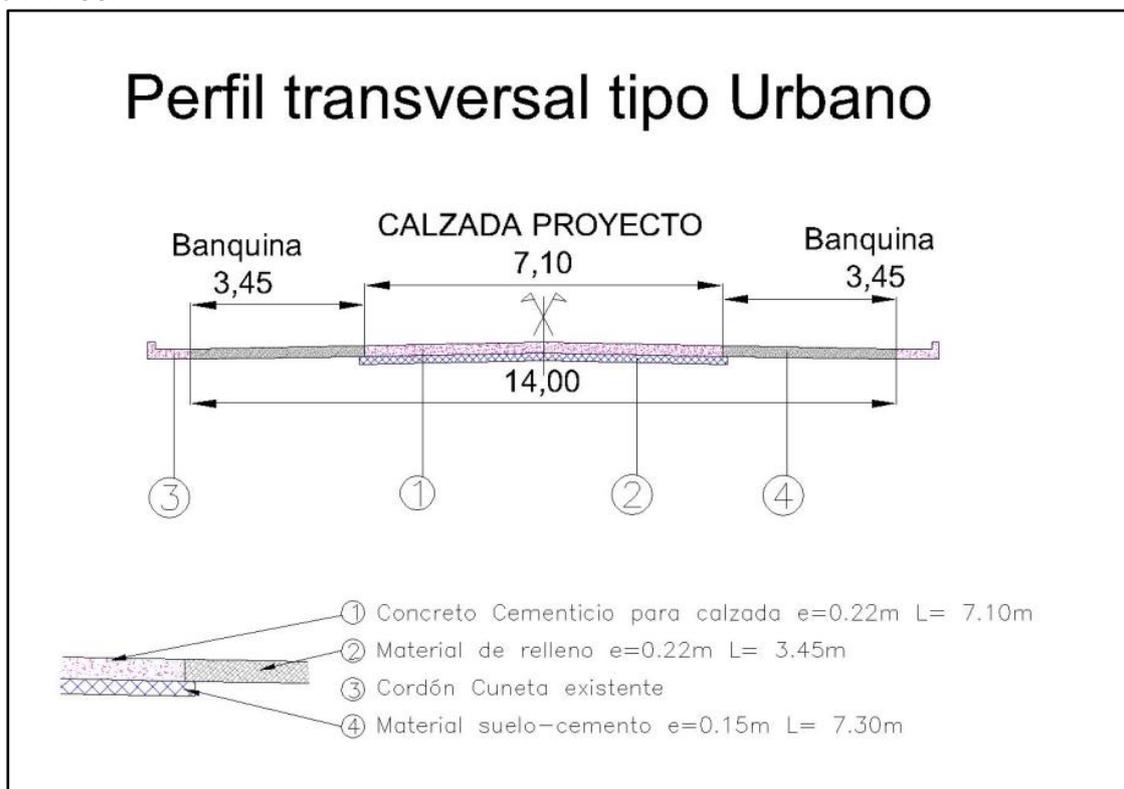


Figura 4: Perfil Transversal Rígido

**Drenaje:**

El proyecto prevé la prolongación de algunas alcantarillas transversales y alcantarillas de acceso existentes. También se tendrá que prolongar varios sifones invertidos del sistema de canales de riego, ya que la región es una zona productora de frutas y verduras. Este es un gran inconveniente ya que la zona de camino es muy angosta, y no se contemplan expropiaciones.

**Seguridad:**

El proyecto contempla la ejecución del señalamiento vertical y demarcación horizontal actualizada, de todo el tramo incluyendo en especial la vertical en el tramo Avda. de Circunvalación hasta Villa Retiro a fin de orientar correctamente a los usuarios de la vía con la señalización informativa correspondiente. Se ha puesto especial énfasis en la señalización horizontal y vertical en la zona de curvas cerradas y travesías urbanas.

### 3. CONDICIONANTES DE LA OBRA

La obra fue inicialmente licitada en el año 2011 mediante LPI No: 01/2011, financiada mediante el Banco Mundial.

Como toda obra financiada por el Banco Mundial, el diseño del mismo contempla un reciclado de materiales. Todos los proyectos del Banco Mundial contemplan esto, para atenuar el impacto ambiental, y disminuir los desperdicios.

En un principio el pliego especificaba con respecto al proyecto estructural, un fresado de la carpeta asfáltica existente en un espesor de 0,05 m y un ancho de 6,00 m; el reciclado de la base granular existente con el agregado de cemento Pórtland, piedra triturada 6-25 mm y arena silíceas, de manera de conformar una nueva base granular reciclada de 0,20 m de espesor y 7,70 m de ancho. También se preveía la construcción de ensanches y saneamiento en sectores de suelo-cal, sobre los que apoyará esta última capa. Luego se ejecutaría sobre la base granular reciclada dos capas de base negra asfáltica de 0,06 m de espesor con 7,30 m y 7,50 m de ancho respectivamente; concluyendo con una carpeta de rodamiento de concreto asfáltico de 0,05 m de espesor y 7,10 m de ancho.

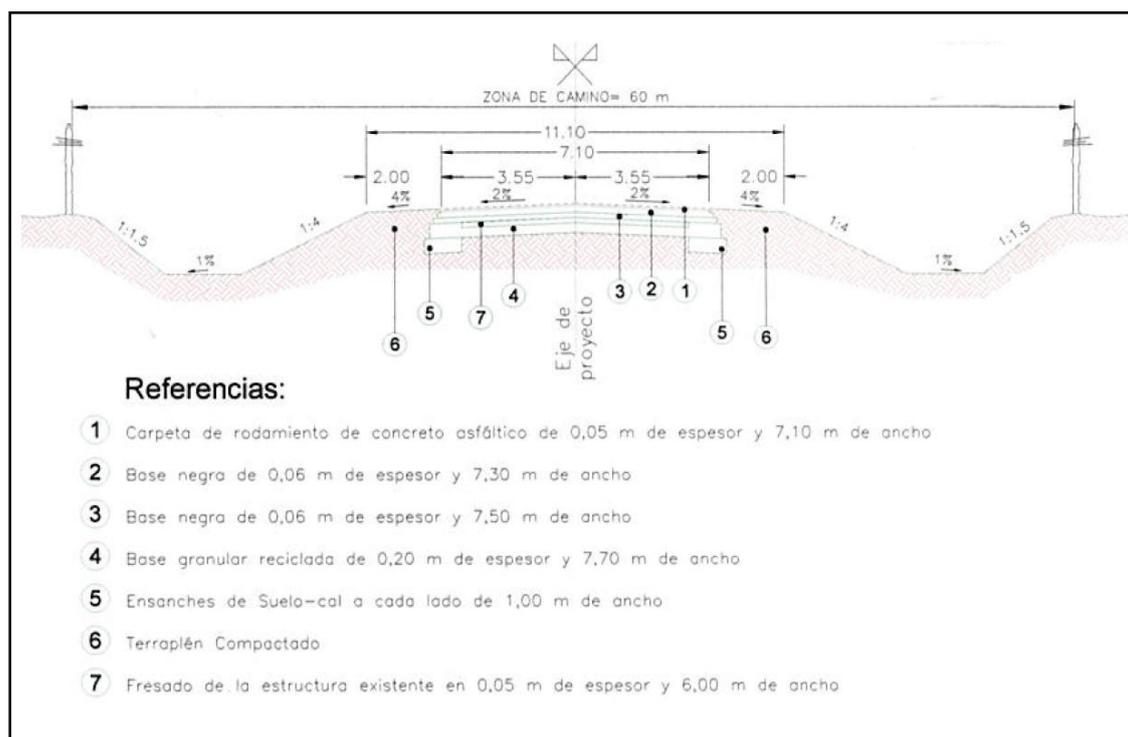


Figura 5: Perfil inicialmente propuesto

En la realidad se encontró otro tipo de perfil existente:

- una carpeta asfáltica que variaba entre 0.07 m y 0.18 m de espesor según la ubicación en el tramo;
- en un primer tramo, de unos 2 km, un material de base es de tipo macadam con agregados de hasta 70 mm y de un espesor promedio de 15 cm;

- El resto del tramo la estructura reflejaba la presencia de una sola capa de material granular que variaba sus espesores entre 0.04m y 0.25 m; llamando la atención la no existencia de una capa de Subbase.

El macadam es una base de granulometría discontinua que contiene, por un lado material grueso aluvional con partículas de entre 25 - 70 mm y, por otro lado material fino que se utiliza para rellenar los huecos dejados por el material grueso.

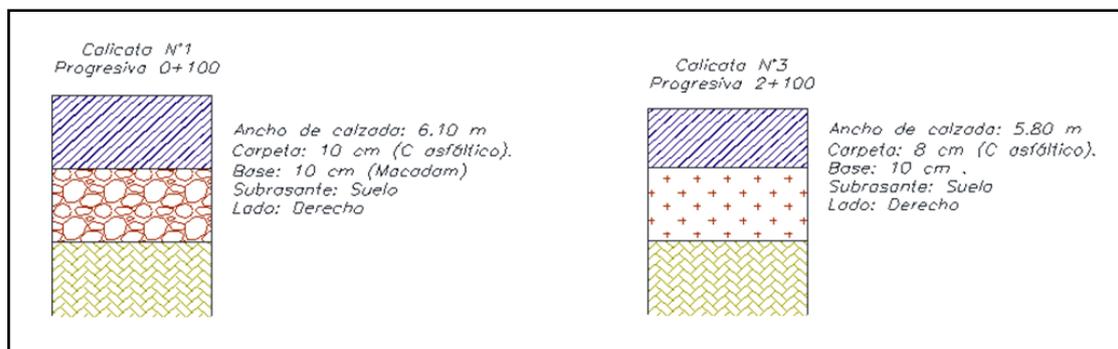


Figura 6: Perfiles existentes antes de la construcción

El espesor de la base en algunos tramos llegaba a ser de 5 cm. Esto pone en evidencia que la estructura no era la adecuada para soportar el tránsito existente, lo cual se ve reflejado en el mal estado actual de la ruta y mucho menos contabilizando el tránsito que tendrá la ruta en el futuro considerando el lapso de su vida útil, ya sea por el tránsito derivado de las mejoras de la misma, como también por el incremento del tránsito debido al crecimiento poblacional.

En la actualidad la obra es financiada mediante el impuesto provincial sobre los combustibles, fondo que se utiliza para financiar obras viales provinciales. Es un impuesto que solo rige en la Provincia de Córdoba, y cuyo principal destino es financiar la obra pública vial. Es entonces el comitente el Ministerio de Obras y Servicios Públicos de la Provincia de Córdoba.

La dirección Provincial de Vialidad es la encargada de hacer el control de calidad de la obra. La misma controla que los ensayos de calidad se hagan de manera correcta como también que los resultados cumplan con lo establecido por pliego. El control es efectuado mediante controles de rutina en laboratorio y en campo, mediante agentes asignados a esta obra.

Se cuenta con un pliego de especificaciones particulares como también de un pliego de especificaciones generales sobre los cuales se remiten los controles y los resultados.

La obra tiene un presupuesto asignado de \$ 80 millones. El tipo de contratación es por unidad de medida, y con una certificación mensual. La obra deberá estar concluida para el mes de octubre 2013.

El diseño propuesto y el ejecutado no concuerdan con los parámetros de diseño establecidos para el tránsito previsto.

Para adecuar el tramo a una velocidad directriz uniforme a lo largo de todo el trazado, se debería haber aumentado el radio de curvatura de todas las curvas y realizar los correspondientes sobreanchos en el lado interior; lo cual no se puede realizar debido a la falta de presupuesto y tiempo para llevar a cabo la correspondiente expropiación.

Se buscan las soluciones más apropiadas para cada tramo del proyecto y las modificaciones se realizan a medida que avanza en la obra. Existen elementos físicos que no permiten desviarse mucho del diseño original, como la existencia de sifones, cunetas, cordones, límites municipales.

Por otro lado cabe aclarar que la obra es realizada mediante una UTE (Unión Transitoria de Empresa) entre AFEMA S.A. y Construcciones de Ingeniería S.A. Se trabaja en conjunto entre ambas empresas, dedicándose principalmente C.I.S.A a la ejecución del pavimento rígido y AFEMA S.A. al pavimento flexible.

## 4. PLAN GENERAL DE AUTOCONTROL

### 4.1. SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD (S.A.C.)

La empresa cuenta con un sistema general de Autocontrol de Calidad, en la cual existe un Sistema de Aseguramiento de Calidad, que sirve como control interno dentro de la propia empresa.

En el Plan General de Autocontrol, se presenta en forma ordenada las actividades de control realizadas sobre los diferentes elementos de la empresa con el fin de servir de guía en la presentación de informes al Concedente. Se ha dividido en dos cuerpos básicos: *Productos* y *Procesos*. En la parte de *productos* se ha hecho una discriminación entre los productos primarios y procesados. En *procesos* se establecen los controles a realizar sobre alguna etapa constructiva y que contemple controles sobre la ejecución y no sobre un producto. En las planillas que se enviarán al Concedente figurarán solo aquellos datos relevantes o resultados obtenidos acompañados del número de registro original en el que consten los resultados del control en forma completa.

Todos los ensayos que se realizan a diario son ingresados por los laboristas en forma manual, dejando así asentado toda actividad que realiza el laboratorio.

Además sirve de una manera muy práctica para realizar estadísticas y poder apreciar fluctuaciones de los distintos ensayos, para poder así determinar tendencias de errores que luego serán debatidos y corregidos.

A continuación se muestra un ejemplo de las planillas del Sistema de Aseguramiento de Calidad. En todos los casos se indicará que control se realiza, con qué frecuencia, el requerimiento, el registro original utilizado por la empresa y la planilla tipo en que serán comunicados los resultados al Concedente.

#### Áridos

Ensayo	Frecuencia	Requerim.	Registro original	Registro para el Concedente
Granulometría	Semanal	S/ pliego	Reg.L.001.02	CO.05
Equivalente de arena	Semanal	> 75	Reg.L.001.04	CO.05
Peso específico y % de absorción	Mensual	S/ pliego	Reg.L.001.05	CO.05
Módulo de Finura	Semanal	2.70 – 3.4	Reg.L.001.20	CO.05
Desgaste	Semanal	Para Base Desgaste<35 Para asfalto Desgaste<30	Reg.L.001.06	CO.05

## **5. PRODUCTOS PRIMARIOS**

El control sobre los productos primarios es sumamente necesario si se quiere obtener un producto final acorde a las exigencias. Se considerarán productos primarios todos aquellos insumos necesarios para llevar a cabo la estructura de la ruta.

### **5.1. SUELOS**

Los suelos se pueden clasificar según su textura: fina o gruesa, y por su estructura: floculada, agregada o dispersa, lo que define su porosidad que permite una mayor o menor circulación del agua.

También se puede clasificar por sus características químicas, por su poder de absorción de coloides y por su grado de acidez (pH), que permite la existencia de una vegetación más o menos necesitada de ciertos compuestos.

Es de nuestro interés ciertas características físicas y químicas, como así también la granulometría, en función de los requerimientos técnicos para cada elemento de la estructura.

#### **5.1.1. SUELO CAL**

Se ejecutará en los sectores que sea necesario el saneamiento de la capa de Subrasante. Se considerará como Subrasante aquella porción de superficie que servirá de asiento o fundación para el recubrimiento enripiado, subbase, o base a construir, es decir del paquete estructural.

El material que se utiliza para este ítem, es el suelo que se encuentra una vez realizado el fresado, es decir debajo de la carpeta de rodamiento. Este material resulta de movimientos de suelo efectuados con anterioridad, excavación de cunetas y material de banquina. De los ensayos previos al diseño de la estructura se determinó que este suelo es un A4 con características aceptables y homogéneas para ser empleado en suelo cal.

Se lo utilizara mejorado con un tenor del 3% de cal, adicionando la cal en bolsones a granel.

#### **CONDICIONES A CUMPLIR**

El pliego no especifica las características físicas del suelo, solamente aclara que el suelo deberá ser homogéneo, estar libre de suelo vegetal y sustancias perjudiciales.

El contenido de sales, las constantes físicas y su granulometría deberán ser tales que mezclado con los demás materiales intervinientes en la mezcla haga cumplir las especificaciones de la misma al respecto.

## **ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (VN E7-65)**

*El ensayo de granulometría consiste en pasar la muestra por una serie de tamices normalizados para así determinar las fracciones de los distintos tamaños, y así poder establecer la distribución porcentual de las partículas que componen un material granular.*

### **EQUIPO:**

- Cribas y tamices. La serie de cribas y tamices normales IRAM establecida en el Pliego.
- Bandeja de hierro galvanizado
- Balanza tipo Roberval de 25 Kg. de capacidad por plato con sensibilidad de 1 gramo.
- Equipo para cuartear muestras.
- Pala ancha y espátulas para manipular el material.
- Pileta con plataforma provista lateral para sostener la bandeja de lavado. Canilla provista de un tubo de goma de 1 m. de longitud.
- Mortero de porcelana de 20 cm. de diámetro, con mano revestida de goma en uno de sus extremos.
- Material de uso corriente en Laboratorio: estufas, calentadores etc.

### **PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:**

*En primer lugar se debe determinar la cantidad de muestra a ensayar en función del mayor tamaño de sus partículas. La muestra remitida al laboratorio debe pesar por lo menos cuatro veces la capacidad necesaria para el ensayo, calculada anteriormente. En el laboratorio el material debe ser minuciosamente homogenizado. Si se dispone del equipo cuarteador por sucesivos pasajes se reduce la muestra hasta tener una cantidad conforme El material así obtenido se seca en estufa a 105° - 110° C hasta peso constante.*

### **PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO:**

*Se consideran dos cosas:*

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

#### Caso de material limpio

*Obtenida la cantidad a ensayar, se pesa ésta y se anota su peso (Pt). Se pasa el total del material por las distintas cribas comenzando por la de mayor abertura y se determina el peso retenido por cada criba. Esta operación se completa hasta el tamiz IRAM 4,75 mm. (Nº4). Se pesa la cantidad librada por el tamiz IRAM 4,75 mm. (Nº 4). Si este peso es menor que 1500 gr. se prosigue el tamizado por los tamices de la serie y se anotan los pesos retenidos por cada tamiz. Si la cantidad librada por el tamiz IRAM 4,75 mm. (Nº 4) es mayor que 1500gramos, se toma por cuarteos una cantidad inferior a ésta última, se pesa (PC) y se prosigue la operación con los restantes tamices de la serie, como se indica en el párrafo anterior, anotando los pesos retenidos por cada tamiz.*

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

*Se pesa la cantidad obtenida y se anota Pt. Se coloca todo el material dentro de la bandeja para lavado, se tapa el vertedero, se agrega agua de modo que cubra toda la muestra. Se remueve con una espátula o con la mano, procurando desmenuzar los terrones que pudieran existir. Se deja actuar el agua durante un tiempo más o menos largo. Luego se coloca debajo del vertedero un tamiz IRAM 75 micrómetros (Nº 200). Se destapa el vertedero, y se sigue haciendo correr agua dentro de la bandeja removiendo suavemente de modo que la corriente arrastre el material fino. Se sigue la operación hasta que el líquido que pasa a través del tamiz IRAM 75micrómetros (Nº 200) salga limpio. Se recoge todo el material sobrante en la bandeja y el retenido por los tamices, se seca a peso constante y se anota el peso (P1).*

## CÁLCULOS

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

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

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

$$\% \text{ que pasa} = \frac{P}{P_t} \times 100 =$$

Donde:

P = Cantidad total librada para cada tamiz.

P<sub>t</sub> = Cantidad total de muestra ensayada.

## ENSAYO DE INDICE DE PLASTICIDAD (VN E1-E2-65)

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

Este límite se define arbitrariamente como el contenido de humedad necesario para que las dos mitades de una pasta de suelo de 1 cm de espesor fluya y se unan en una longitud de 12 mm, aproximadamente, en el fondo de la muesca que separa las dos mitades, cuando la cápsula que la contiene golpea 25 veces desde una altura de 1 cm, a la velocidad de 2 golpes por segundo.

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

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

## APARATOS

- Mortero de porcelana con pilón revestido con goma
- Tamiz IRAM 425 micrómetros (Nº 40).
- Cápsula de porcelana o hierro enlozado de 10 a 12 cm., de diámetro.
- Espátula de acero flexible
- Aparato para la determinación semimecánica del límite líquido
- Acanalador de bronce o acero inoxidable
- Pesa filtros de vidrio o aluminio
- Balanza de precisión con sensibilidad de 1 centigramo.
- Estufa para secado
- Vidrio plano de 30 x 30 cm, o un trozo de mármol de las mismas dimensiones.
- Trozos de alambre galvanizado redondos de 3 mm. de diámetro para ser utilizados como elementos de comparación
- Elementos varios de uso corriente: bandejas para mezclas de material, rociadores, probetas, espátulas, etc.

## **PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**

El ensayo se realiza sobre la fracción del material que pasa por el tamiz N° 40.

### **1. Suelos finos:**

Si se trata de suelo fino se toma por cuarteo una porción de 400 a 500 gr., de suelo secado al aire y se lo hace pasar por el tamiz N° 40. La porción retenida por este tamiz se coloca en el mortero y se la desmenuza en el mortero con el pilón revestido en goma. Se reúnen todas las porciones obtenidas y se mezclan cuidadosamente, para obtener un material homogéneo.

### **2. Suelos con material grueso:**

Si la muestra contiene material grueso, se separa éste por tamizado a través del tamiz N° 10. Si a pesar del desmenuzamiento se observa que queda material fino adherido a las partículas gruesas, estas se ponen en maceración con la menor cantidad posible de agua y se hacen pasar por el tamiz N° 40. Se recoge el líquido que pasa, el que será evaporado a sequedad, a temperatura no mayor a 60° C. El residuo se desmenuza, y se incorpora a las demás fracciones ya obtenidas, mezclándose cuidadosamente hasta obtener un material homogéneo.

## **LÍMITE LÍQUIDO:**

### **PROCEDIMIENTO**

Se toman 50 o 60 gr del material obtenido y se coloca en una cápsula de hierro enlozado o porcelana. Se humedece con agua destilada o potable de buena calidad, dejándose reposar por lo menos durante 1 hora. Posteriormente se continúa agregando agua en pequeñas cantidades procurando obtener una distribución homogénea de la humedad y teniendo en especial cuidado de deshacer todos los grumos que se vayan formando.

Cuando la pasta adquiere una consistencia tal que comience a fluir cuando se golpea la cápsula contra la palma de la mano, se transfiere una porción de la misma a la cápsula de bronce del aparato. Con el acanalador se hace una muesca en forma tal que quede limpio el fondo de la cápsula en un ancho de 2 mm.

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

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

Se retira una porción de pasta, de peso más o menos 10 gr de la parte en la que se produjo la unión, y se la coloca en el pesafiltro previamente tarado. Se pesa y se anota en la planilla. También se anotará el peso del pesafiltro, su número de identificación y el número de golpes requeridos para lograr la unión de la pasta. La pasta colocada en el pesafiltro para cada operación se seca en la estufa a temperatura de 105° a 110° C hasta peso constante.

### **CÁLCULOS:**

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

$$LL = \frac{P1 - P2}{P2 - Pt} \times 100 =$$

donde: LL= Límite líquido; P1= Peso del pesafiltro más la porción pasta de suelo húmedo; P2= Peso del pesafiltro más el suelo seco; Pt= Peso del pesafiltro vacío.

Sobre un sistema de coordenadas rectangulares se toma, en abscisas el logaritmo del número de golpes, y en ordenadas el porcentaje de humedad. Se ubican los puntos obtenidos, los que estarán sensiblemente alineados. Se traza la línea recta que mejor ligue a esos puntos y sobre el eje de las ordenadas, en el punto correspondiente a aquel en que esta recta corta la perpendicular trazada las abscisas por el punto correspondiente a 25 golpes.

Los mejores resultados se obtienen cuando el número de golpes de los distintos puntos está comprendido entre 20 y 30. Como variante simplificadora que ahorra mucho tiempo y suministra resultados satisfactorios, se podrá utilizar el método de un solo punto.

Para esto se determina un punto y se calcula la humedad en por ciento, anotando el número de golpes necesarios (N) para el cierre de la muesca, procurando que este número de golpes esté comprendido entre 20 y 30 golpes. El valor del Límite Líquido está dado por la fórmula:

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

Siendo H la humedad en por ciento y N el número de golpes necesarios.

### **LÍMITE PLÁSTICO:**

#### **PROCEDIMIENTO**

Se toman 15 a 20 gr. del material obtenido cápsula de porcelana o de hierro enlozado. Se humedece con agua destilada o potable de buena calidad, dejándose reposar por lo menos durante 1 hora.

Posteriormente se continúa agregando agua en pequeñas cantidades procurando obtener una distribución homogénea de la humedad y teniendo especial cuidado de deshacer todos los grumos que se vayan formando.

Se continúa el mezclado hasta obtener que la pasta presente una consistencia plástica que permita moldear pequeñas esferas sin adherirse a las manos del operador. Una porción de la parte así preparada se hace rodar por la palma de la mano sobre láminas de vidrio, dándole la forma de pequeños cilindros.

La presión aplicada para hacer rodar la pasta debe ser suficiente para obtener que las barritas cilíndricas mantengan un diámetro uniforme en toda su longitud. Si el diámetro de los cilindros es menor de 3 mm de diámetro y no presentan fisuras o signos de desmenuzamiento, se reúnen los trozos y se amasan nuevamente tantas veces como sea necesario. La operación también se repite si las barritas cilíndricas se agrietan antes de llegar al diámetro de 3 mm. En este caso se reúne el material amasándolo con más agua hasta completa uniformidad.

El ensayo se da por finalizado cuando las barritas cilíndricas comienzan a figurarse o agrietarse al alcanzar los 3 m. de diámetro, punto que resulta fácil de establecer comparándolo con los trozos de alambre, tapándolo de inmediato para evitar evaporación; se pesan y se secan en estufa a 105° C – 110° C hasta peso constante.

#### **CÁLCULOS**

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

$$LP = \frac{P1 - P2}{P2 - Pt} \times 100 =$$

donde: LP= Límite plástico; P1= Peso del pesa filtro más el suelo húmedo, al centígramo; P2= Peso del pesa filtro más el suelo seco, al centígramo; Pt= Peso del pesa filtro vacío, al centígramo.

#### **ÍNDICE DE PLASTICIDAD**

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

Es decir:

$$IP= LL - LP$$

**OBSERVACIONES**

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

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

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

Como se puede observar en la Figura 7, el material en cuestión es un suelo A-4. En la Figura 8, se detallan ensayos globales de granulometrías sobre el material en cuestión.

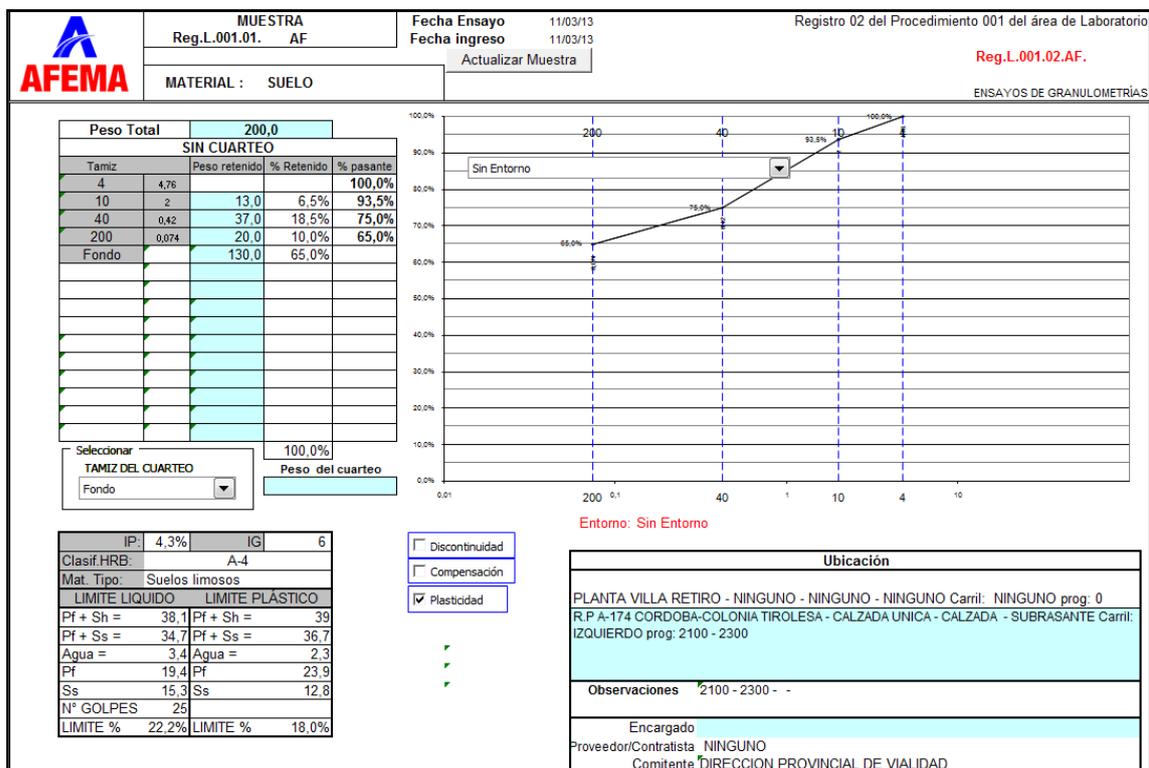


Figura 7: Resultado del Ensayo de Granulométrico y de Plasticidad de Suelo-Cal

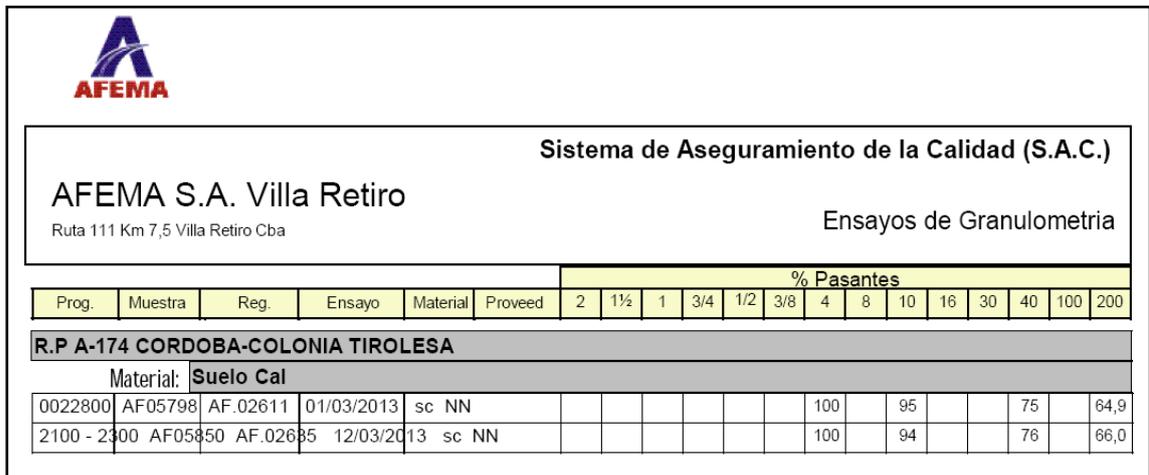


Figura 8: Resultado [Globales] de Ensayo de Granulometría de Suelo - Cal

## ENSAYO DE SALES TOTALES Y SULFATOS SOLUBLES (VN E18-89)

*Esta norma detalla el procedimiento a seguir en laboratorios de campaña para la determinación del contenido de sales solubles y sulfatos en suelos y estabilizados o suelos granulares.*

### APARATOS

- Tamices IRAM 4,75 mm. (Nº 4), 2,00 mm. (Nº 10) y 4,25  $\mu$ m. (Nº 40).
- Mortero de porcelana con pilón revestido de goma de medidas corrientes.
- Recipiente de vidrio o metal enlozado de boca ancha de 1lt. de capacidad
- Recipiente de vidrio o metal enlozado de 4lt. de capacidad.
- Matraz o probeta aforado de 500 cm<sup>3</sup>.
- Balanza capacidad 5 a 10 Kg. sensibilidad al 0,1 gr.
- Balanza de precisión al 0,001 gr.
- Pipeta de 100 cm<sup>3</sup>. y 25 cm<sup>3</sup>.
- Pipeta graduada de 10 cm<sup>3</sup>.
- Vasos de precipitación de 250 cm<sup>3</sup>.
- Papel de filtro de velocidad de filtración lenta.
- Papel tornasol azul.
- Piseta de 500 cm<sup>3</sup>., con cuello aislado con hilo de amianto.
- Cápsula de porcelana de 130 – 150 cm<sup>3</sup>.
- Elementos varios de uso corrientes, bandejas para mezclar el material, cucharas, espátulas, estufa para secado de muestras, etc.

### REACTIVOS

*Solución Nº 1: 50 cm<sup>3</sup> de ácido clorhídrico concentrado diluido en 500 cm<sup>3</sup> de agua destilada.*

*Solución Nº 2: 5g de cloruro de bario disuelto en 100 cm<sup>3</sup> de agua destilada.*

### PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

*Se extrae del suelo a ensayar una muestra representativa de un peso comprendido entre 2 y 3 Kg. Se mezcla bien y se pulveriza destruyendo los grumos hasta hacerla pasar totalmente por el Tamiz Nº 10. Mediante cuarteos se la reduce hasta obtener una muestra de peso algo superior a los 100g. Se pulveriza la muestra así obtenida en el mortero hasta que pase totalmente por el Tamiz Nº 40. Se lleva a la estufa y se mantiene durante 2 horas con temperatura de 100°C a 110°C.*

### PROCEDIMIENTO

*Se pesan 100 gr. ( $\pm$  0,5gr.) del suelo seco y se colocan en el recipiente de 1 litro, perfectamente seco, se agregan lentamente 500 cm<sup>3</sup> de agua destilada medidos en un matraz aforado o en una probeta de 500 cm<sup>3</sup>, removiendo cuidadosamente la mezcla con una varilla de vidrio para evitar la formación de grumos.*

*Terminada la operación de agregar los 500 cm<sup>3</sup>. de agua destilada se agita con la varilla de vidrio energéticamente todo el contenido del recipiente durante 5 minutos, se tapa y se deja en reposo hasta el día siguiente.*

*Los suelos de zonas con afloramiento de sales aparecen floculados. Encontrándose en este caso al día siguiente el agua que no contiene suelo en suspensión presentándose totalmente clara y limpia.*

*Si en cambio se trata de un suelo con muy bajo contenido de sales el agua al día siguiente se presentará turbia con partículas de suelo en suspensión lo que indica que no está floculado. En este último caso no se continúa el ensayo y se informa "No flocula" lo que significa que el contenido de sales solubles es inferior al 0,1 %.*

*Del líquido claro que aparece por encima del suelo sedimentado luego de mantenida la solución en reposo, para los suelos que floculan, se extraen con una pipeta 100 cm<sup>3</sup> y se vierten en una cápsula tarada al 0,001gr secada previamente en estufa a 100°C - 110°C durante media*

hora. Se coloca la cápsula con su contenido en baño María hasta evaporar totalmente el líquido. Terminada la evaporación del líquido la cápsula con el residuo sólido se coloca en estufa a 100C° - 110C° secándola durante media hora, luego se deja enfriar y se pesa.

**CALCULOS**

El porcentaje de sales totales existentes en el suelo ensayado se determina aplicando la siguiente fórmula:

$$P_s \% = 5 \times (P - T) =$$

Donde:

- PS % = Porcentaje de sal en por ciento de suelo seco.
- T = Tara de la cápsula.
- P = Peso de la cápsula más sal.

En la siguiente *Figura 9*, se muestra el resultado del ensayo de sales y sulfatos totales sobre la muestra de suelo a ensayar para el Suelo-Cal

		SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC) Registro 11 del Procedimiento 001 del área de Laboratorio						
		MÉTODO DE CAMPAÑA PARA LA DETERMINACIÓN DE SALES SOLUBLES Y SULFATOS EN SUELOS, ESTABILIZADOS Y SUELOS GRANULARES <span style="float: right;">L.001.18.AF.00423</span>						
MUESTRA L.001.01	AF	05847	FECHA ELABORACION	11/03/13	FECHA ENSAYO	11/03/13		
MATERIAL		Suelo						
REACTIVOS		PROCEDIMIENTO						
a) Solución N° 1		REPOSO 24 HS		Se pesan 100 gr. (± 0,5gr.) del suelo seco se agrega agua destilada se agita con la varilla de vidrio energéticamente todo el contenido del recipiente durante 5 minutos, se tapa y se deja en reposo hasta el día siguiente.				
50 cm <sup>3</sup> . de ácido olorhídrico concentrado diluido en 500 cm <sup>3</sup> . de agua destilada.								
b) Solución N° 2		FLOCULA		Los suelos de zonas con afloramiento de sales aparecen floculados. Encontrándose en este caso al día siguiente, realizada la operación indicada en 18-4-d, el agua no contiene suelo en suspensión presentándose totalmente clara y limpia				
5g. de cloruro de bario disuelto en 100 cm <sup>3</sup> . de agua destilada.		NO FLOCULA		Si en cambio se trata de un suelo con muy bajo contenido de sales el agua al día siguiente se presentará turbia con partículas de suelo en suspensión lo que indica que no está floculado. En este último caso no se continúa el ensayo y se informa "No flocula" lo que significa que el contenido de sales solubles es inferior al 0,1 %.				
UBICACIÓN		<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>Resultados</td></tr> <tr><td><b>NO FLOCULA</b></td></tr> <tr><td>Sales solubles inferior al 0,1%</td></tr> </table>				Resultados	<b>NO FLOCULA</b>	Sales solubles inferior al 0,1%
Resultados								
<b>NO FLOCULA</b>								
Sales solubles inferior al 0,1%								
PROVEEDOR	SUELO EXISTENTE	OBSERVACIONES		Progresiva 2100 - 2300				
CONCEDENTE	D.F.V.							
LABORATORIO	VILLA RETIRO							
ENCARGADO ENSAYO								

**Figura 9: Resultado del Ensayo de Sales de Suelo Cal**

**ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

El suelo es un suelo limoso A4 según la clasificación HRB. Tiene un Límite Líquido de 22.2 % y un límite Plástico de 18 %, lo que da un Índice Plástico de 4 %.

El suelo tiene buenas características granulométricas y encuadra en las especificaciones requeridas. Además se puede observar que las granulometrías son parejas, sin presentar grandes variaciones.

No representa problemas de sales ni sulfatos. Este material es apto para ser utilizado como Suelo-Cal.

### 5.1.2. SUELO CEMENTO

El suelo cemento se utiliza como base de asiento anti-bombeo para los pavimentos rígidos y los badenes. El suelo para generar dicho asiento es un suelo granular, también denominado suelo-arena.

El mismo proviene de las canteras ubicadas sobre la ribera del Río Suquía, al sur-este de la ciudad de Córdoba del Yacimiento Ruiz.

El suelo tiene buenas características, ideales para su uso, por lo cual se lo utiliza de la misma forma que proviene de la cantera. El material ya tiene una correcta granulometría de material fino; el único tratamiento que se hace, es un zarandeo en el cual se le extrae los cantos rodados que se encuentran en poca cantidad. La preparación del suelo cemento se realiza en la empresa, mediante una planta, la cual dosifica el tenor de cemento.

Como dato ilustrativo se detallan a continuación características de la mezcla propuesta a los fines del proyecto:

COMPOSICIÓN	%
Suelo-Arena	94
Cemento Pórtland	6

El tenor de cemento ha sido dosificado de manera tal de alcanzar una resistencia a la compresión de  $25 \text{ Kg/cm}^2 \leq R_c \leq 40 \text{ Kg/cm}^2$  a los 7 días.

### CONDICIONES A CUMPLIR

El pliego particular no especifica concretamente las condiciones a cumplir, pero el pliego general detalla lo siguiente:

#### Granulometría de la mezcla:

TAMIZ	% QUE PASA
1 1/2"	100
1"	90 - 100
3/8"	80 - 100
Nº 4	70 - 95
Nº 10	50 - 80
Nº 40	20 - 40
Nº 200	10 - 5

#### Constantes Físicas de la mezcla Arena - Suelo:

- Límite líquido                      Menor de 25
- Índice plástico                      Entre 2 y 6

#### Contenido de sales del pasante tamiz Nº 40 de la mezcla Suelo-Arena:

- Sales Totales                      Menor de 1,2 %
- Sulfatos Solubles                      Menor de 0,4 %

**SALES TOTALES Y SULFATOS SOLUBLES (VN E18-89)**

El ensayo de sales y sulfatos totales ha sido explicado en el apartado 5.1.1. *suelo-cal*. A continuación se muestra el resultado del ensayo sobre una muestra del acopio de suelo-arena destinado para el suelo-cemento.

Se realizó este ensayo al comienzo de la obra, para poder certificar que los suelos no contienen sales. Este ensayo no se hace de rutina, ya que se sabe que los suelos de este proveedor, no tienen esta problemática. El suelo analizado no Flocula, lo que significa que el contenido de sales solubles es inferior al 0,1 %. En la *Figura 10* se detalla el ensayo realizado a comienzo de la obra.

	MÉTODO DE CAMPAÑA PARA LA DETERMINACIÓN DE SALES SOLUBLES Y SULFATOS EN SUELOS, ESTABILIZADOS Y SUELOS GRANULARES		SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC) Registro T1 del Procedimiento 001 del área de Laboratorio <b>L.001.18.AF.00421</b>										
	<b>MUESTRA L.001.01</b>	<b>AF</b>	<b>05558</b>	<b>FECHA ELABORACION</b> <b>01/12/12</b>	<b>FECHA ENSAYO</b> <b>01/12/12</b>								
<b>MATERIAL</b> Suelo Arena													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>REACTIVOS</th> <th>PROCEDIMIENTO</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>           a) Solución N° 1            50 cm<sup>3</sup>. de ácido clorhídrico concentrado diluido en 500 cm<sup>3</sup>. de agua destilada.         </td> <td>           REPOSO 24 HS         </td> <td>           Se pesan 100 gr. (± 0,5gr.) del suelo seco se agrega agua destilada se agita con la varilla de vidrio energéticamente todo el contenido del recipiente durante 5 minutos, se tapa y se deja en reposo hasta el día siguiente.         </td> </tr> <tr> <td>           b) Solución N° 2            5g. de cloruro de bario disuelto en 100 cm<sup>3</sup>. de agua destilada.         </td> <td>           FLOCULA             NO FLOCULA         </td> <td>           Los suelos de zonas con afloramiento de sales aparecen floculados. Encontrándose en este caso al día siguiente, realizada la operación indicada en 18-4-d, el agua no contiene suelo en suspensión presentándose totalmente clara y limpia             Si en cambio se trata de un suelo con muy bajo contenido de sales el agua al día siguiente se presentará turbia con partículas de suelo en suspensión lo que indica que no está floculado. En este último caso no se continúa el ensayo y se informa "No flocula" lo que significa que el contenido de sales solubles es inferior al 0,1 %.         </td> </tr> </tbody> </table>					REACTIVOS	PROCEDIMIENTO		a) Solución N° 1 50 cm <sup>3</sup> . de ácido clorhídrico concentrado diluido en 500 cm <sup>3</sup> . de agua destilada.	REPOSO 24 HS	Se pesan 100 gr. (± 0,5gr.) del suelo seco se agrega agua destilada se agita con la varilla de vidrio energéticamente todo el contenido del recipiente durante 5 minutos, se tapa y se deja en reposo hasta el día siguiente.	b) Solución N° 2 5g. de cloruro de bario disuelto en 100 cm <sup>3</sup> . de agua destilada.	FLOCULA  NO FLOCULA	Los suelos de zonas con afloramiento de sales aparecen floculados. Encontrándose en este caso al día siguiente, realizada la operación indicada en 18-4-d, el agua no contiene suelo en suspensión presentándose totalmente clara y limpia  Si en cambio se trata de un suelo con muy bajo contenido de sales el agua al día siguiente se presentará turbia con partículas de suelo en suspensión lo que indica que no está floculado. En este último caso no se continúa el ensayo y se informa "No flocula" lo que significa que el contenido de sales solubles es inferior al 0,1 %.
REACTIVOS	PROCEDIMIENTO												
a) Solución N° 1 50 cm <sup>3</sup> . de ácido clorhídrico concentrado diluido en 500 cm <sup>3</sup> . de agua destilada.	REPOSO 24 HS	Se pesan 100 gr. (± 0,5gr.) del suelo seco se agrega agua destilada se agita con la varilla de vidrio energéticamente todo el contenido del recipiente durante 5 minutos, se tapa y se deja en reposo hasta el día siguiente.											
b) Solución N° 2 5g. de cloruro de bario disuelto en 100 cm <sup>3</sup> . de agua destilada.	FLOCULA  NO FLOCULA	Los suelos de zonas con afloramiento de sales aparecen floculados. Encontrándose en este caso al día siguiente, realizada la operación indicada en 18-4-d, el agua no contiene suelo en suspensión presentándose totalmente clara y limpia  Si en cambio se trata de un suelo con muy bajo contenido de sales el agua al día siguiente se presentará turbia con partículas de suelo en suspensión lo que indica que no está floculado. En este último caso no se continúa el ensayo y se informa "No flocula" lo que significa que el contenido de sales solubles es inferior al 0,1 %.											
<b>UBICACIÓN</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>NO FLOCULA</b></td> </tr> <tr> <td><b>Sales solubles inferior al 0,1%</b></td> </tr> </tbody> </table>			Resultados	<b>NO FLOCULA</b>	<b>Sales solubles inferior al 0,1%</b>						
Resultados													
<b>NO FLOCULA</b>													
<b>Sales solubles inferior al 0,1%</b>													
<b>PROVEEDOR</b> Cantera Ruiz <b>CONCEDENTE</b> D.P.V. <b>LABORATORIO</b> VILLA RETIRO <b>ENCARGADO ENSAYO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>												

**Figura 10: Resultado del Ensayo de Sales Totales y Sulfatos Solubles**

**ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (VN E7-65)**

El ensayo de granulometría se ha explicado en el apartado 5.1.1. *Suelo-Cal*. El resultado del ensayo se muestra en la *Figura 11*.

**ENSAYO INDICE DE PLASTICIDAD (VN E1-E2-65)**

El ensayo de Índice de Plasticidad se ha explicado en el apartado 5.1.1. *Suelo-Cal*. A continuación el resultado del ensayo en la *Figura 12*.

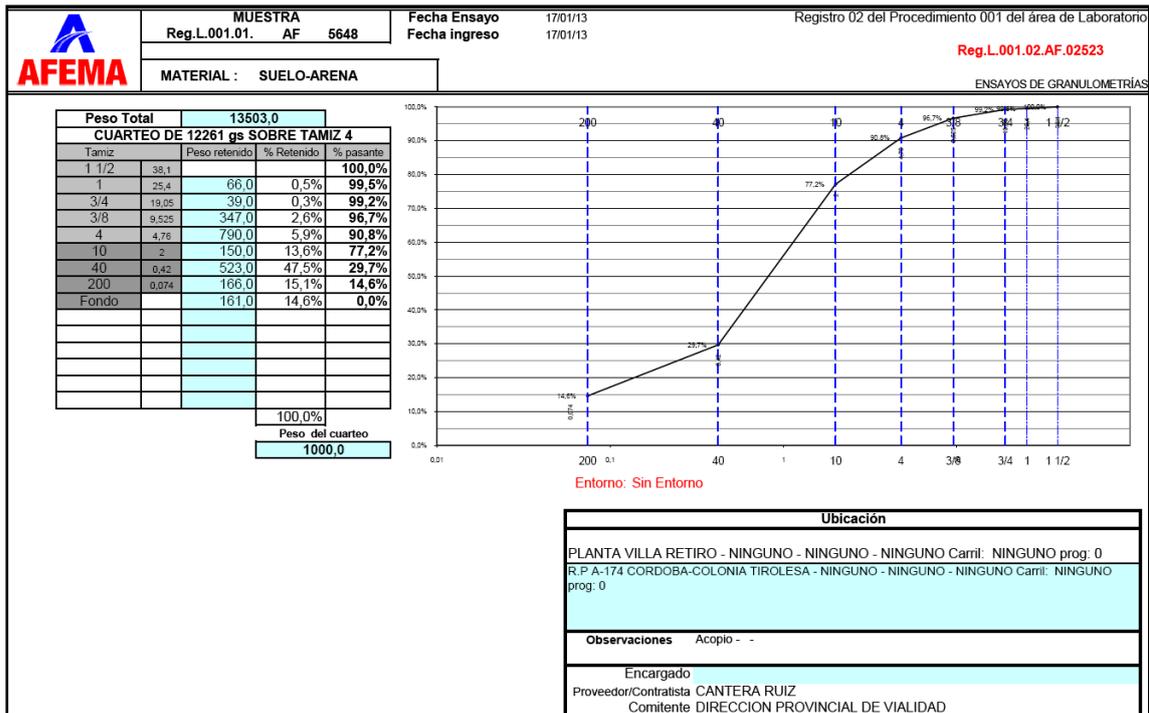


Figura 11: Resultado del Ensayo de Granulometría Suelo-Cemento

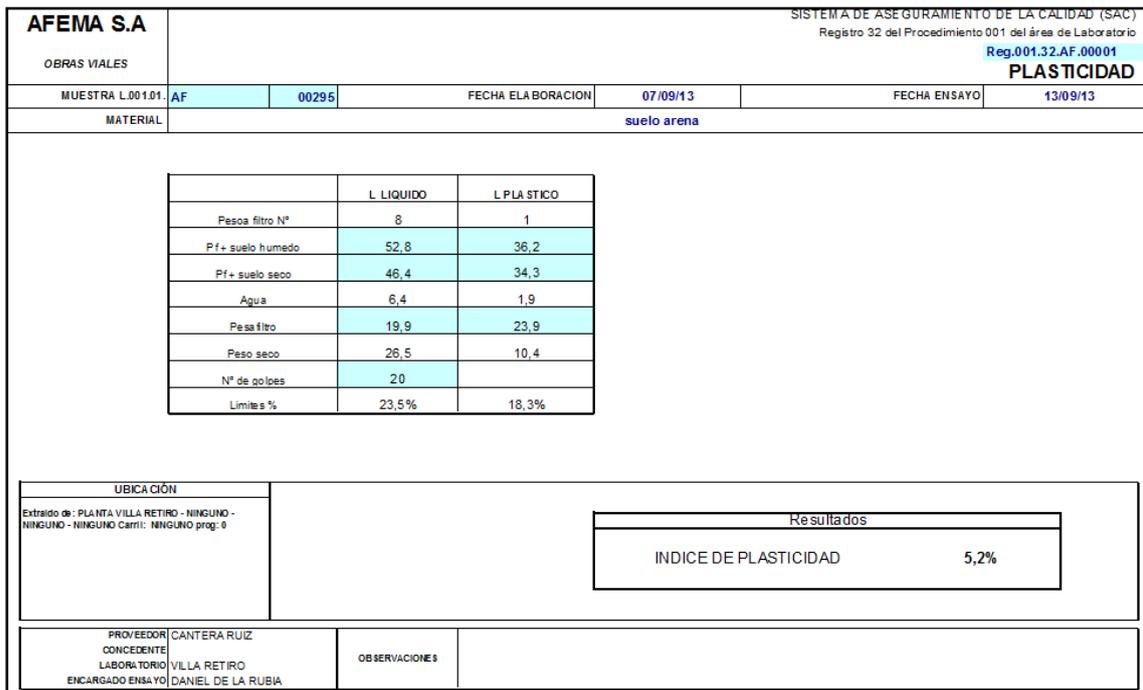


Figura 12: Resultado del Ensayo de Plasticidad Suelo-Cemento

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Como se puede observar, el suelo destinado para la preparación del Suelo-Cemento no presenta problemas de sales y sulfatos. La plasticidad cumple con las especificaciones y el entorno granulométrico es correcto.



### ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA (VN - E10 - 82)

El ensayo del equivalente de arena suministra un medio rápido para separar las partículas finas o arcillosas de los granos más gruesos y calcular las proporciones relativas, comparándolas en base a sus volúmenes.

#### EQUIPO:

- Una probeta cilíndrica sin pico
- Un pistón constituido por un vástago de metal de 46 cm. de largo terminado en su extremidad inferior por un ensanche
- Un frasco Mariotte de 4.000 cm<sup>3</sup>
- Un tubo de goma de 5 mm de diámetro interior
- Un tubo lavador de cobre o latón de 6,35 mm de diámetro exterior,
- Un recipiente de 90 cm<sup>3</sup> de capacidad ("Medida").
- Un reloj o un contador de tiempo.
- Un tamiz IRAM 4,75 mm (Nº 4)

#### PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO:

En primer lugar se debe preparar una solución que usaremos de reserva. Necesitaremos para la solución compuesta a) 454 gr. de cloruro de calcio anhidro. b) 2050 g. (1640 cm<sup>3</sup>) de glicerina pura. c) 47g. (45 cm<sup>3</sup>) de formaldehído (solución a 40 volúmenes) y agua, ejecutada como a continuación se indica: se disuelven 454 g. de cloruro de calcio 1900 cm<sup>3</sup> de agua removiendo energéticamente. Se deja enfriar y se filtra a través de un papel de filtro Watman Nº 12 o su equivalente. Se agrega 2050 g. de glicerina y 47 g. de formaldehído a la solución filtrada, se mezcla cuidadosamente y se diluye hasta 3785 cm<sup>3</sup>. El agua a utilizar será destilada o potable de buena calidad.

Luego a partir de este confeccionaremos nuestra solución de trabajo, para la cual se diluyen 93 cm<sup>3</sup> de la solución de reserva con agua corriente potable en cantidad suficiente para tener un volumen total de 4 litros.

Se toma una muestra representativa del material a ensayar en cantidad suficiente y se reduce por cuarteo de tal modo que la porción que pasa el tamiz IRAM 4,8 mm (Nº 4) resulte de 500 g. aproximadamente.

Se pasa la solución de trabajo por medio del tubo lavador a la probeta cilíndrica hasta la división Nº 50 (altura = 100mm.) Se vuelca a la probeta una "medida" de la muestra pasada por el tamiz Nº 4, previamente homogenizada por mezclado. Se golpea la base del cilindro fuertemente sobre la palma de la mano varias veces para desalojar las burbujas de aire y favorecer el mojado de la muestra. Se deja reposar 10 minutos. A continuación se sacude vigorosamente de un costado a otro manteniéndolo horizontal. Se efectúan 90 ciclos en poco más o menos 30 segundos con una máquina de agitación. Un ciclo representa un movimiento completo de ida y vuelta.

Se retira el tapón, se introduce el tubo lavador. Al descender el tubo se rocían las paredes del cilindro con la solución lavándolas. Luego se sumerge el tubo hasta el fondo del cilindro. Se lava la arena haciendo ascender los materiales arcillosos manteniendo la probeta cilíndrica en posición vertical completándolo hasta la división 190 (altura 380 mm).

Se deja reposar, evitando perturbaciones durante 20 minutos. Al término de esos 20 minutos se lee el nivel superior de la suspensión de fino. Se desciende suavemente al pistón lastrado, en el cilindro hasta que repose sobre la arena. Se lee el nivel del centro del tornillo en la división más próxima. Cuando una lectura de la arena o de los finos se encuentre situada entre dos divisiones se deberá tomar la lectura sobre la división inmediata superior.

#### CÁLCULOS

El equivalente de arena se define por la siguiente expresión

$$E. A. = \frac{\text{Lectura del Nivel superior de la Arena}}{\text{Lectura del Nivel superior de los Finos}} \times 100 =$$

Si el resultado de la operación contiene un decimal, se toma como valor el número entero inmediatamente superior.

El ensayo de equivalente de arena nos da una relación de cuanto material fino o arcilloso existe en función del total. A continuación en la *Figura 13*, se muestra el resultado del ensayo de Equivalente de Arenas de Arena Silíceas.

<b>AFEMA</b>		SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC) Registro 04 del procedimiento 001 del área de Laboratorio				
MUESTRA L.001.01.		AF	FECHA ELABORACION	07/05/13	FECHA ENSAYO	07/05/13
MATERIAL		ARENA SILICEA				
<b>ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA</b>						
<b>Tubo N° 1</b>						
E.A.1=		Lectura del Nivel Superior Superior de Arena Lectura del Nivel Superior Superior de los Finos		x 100 =	E.A.1= $\frac{58,0}{65,0} \times 100 = 89,2\%$	
<b>Tubo N° 2</b>						
E.A.2=		Lectura del Nivel Superior Superior de Arena Lectura del Nivel Superior Superior de los Finos		x 100 =	E.A.2= $\frac{55,0}{63,0} \times 100 = 87,3\%$	
UBICACION		Exito de: VARIAS - NINGUNO - NINGUNO - NINGUNO Carril: NINGUNO prog: 0  VARIAS - NINGUNO - NINGUNO - NINGUNO Carril: NINGUNO prog: 0				
PROVEEDOR: RIO SUQUIA CONCEDENTE: DPV LABORATORIO: VILLA RETIRO ENCARGADO ENSAYO: DANIEL DE LA RUBIA		OBSERVACIONES	MUESTRA INGRESADA			

Figura 13: Resultado del Ensayo Equivalente de Arena

**ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (VN E7-65)**

El ensayo de granulometría se ha explicado en el apartado 5.1.1. *Suelo-Cal.* A continuación en la *Figura 14*, se muestra el resultado del ensayo de Arena Silíceas.

<b>AFEMA</b>		MUESTRA Reg.L.001.01. AF	Fecha Ensayo 08/05/13	Registro 02 del Procedimiento 001 del área de Laboratorio																																							
		MATERIAL: ARENA SILICEA	Fecha ingreso 07/05/13	Actualizar Muestra																																							
ENSAYOS DE GRANULOMETRÍAS																																											
Peso Total 1103,1 CUARTEO DE 561,5 gs SOBRE TAMIZ 30																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tamiz</th> <th>Peso retenido</th> <th>% Retenido</th> <th>% pasante</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1/4</td><td>6,35</td><td>100,0%</td><td>0,0%</td></tr> <tr><td>4</td><td>4,76</td><td>10,8%</td><td>99,0%</td></tr> <tr><td>8</td><td>2,38</td><td>32,1%</td><td>96,1%</td></tr> <tr><td>16</td><td>1,19</td><td>107,6%</td><td>86,4%</td></tr> <tr><td>30</td><td>0,59</td><td>391,1%</td><td>50,9%</td></tr> <tr><td>50</td><td>0,297</td><td>189,3%</td><td>42,6%</td></tr> <tr><td>100</td><td>0,149</td><td>32,5%</td><td>1,0%</td></tr> <tr><td>200</td><td>0,074</td><td>1,6%</td><td>0,7%</td></tr> <tr><td>Fondo</td><td></td><td>3,0%</td><td>0,0%</td></tr> </tbody> </table>	Tamiz	Peso retenido	% Retenido	% pasante	1/4	6,35	100,0%	0,0%	4	4,76	10,8%	99,0%	8	2,38	32,1%	96,1%	16	1,19	107,6%	86,4%	30	0,59	391,1%	50,9%	50	0,297	189,3%	42,6%	100	0,149	32,5%	1,0%	200	0,074	1,6%	0,7%	Fondo		3,0%	0,0%	Entorno: Sin Entorno		
Tamiz	Peso retenido	% Retenido	% pasante																																								
1/4	6,35	100,0%	0,0%																																								
4	4,76	10,8%	99,0%																																								
8	2,38	32,1%	96,1%																																								
16	1,19	107,6%	86,4%																																								
30	0,59	391,1%	50,9%																																								
50	0,297	189,3%	42,6%																																								
100	0,149	32,5%	1,0%																																								
200	0,074	1,6%	0,7%																																								
Fondo		3,0%	0,0%																																								
Seleccionar TAMIZ DEL CUARTEO: 30 Peso del cuarteo: 226,4	Observaciones: Rio Suquia																																										
Tamices CACD19 Tamices Mod Finnura Tamices Base Negra	Ubicación: PLANTA VILLA RETIRO - NINGUNO - NINGUNO - NINGUNO Carril: NINGUNO prog: 0																																										
<input type="checkbox"/> Discontinuidad <input type="checkbox"/> Compensación <input type="checkbox"/> Plasticidad	Encargado: Proveedor/Contratista: Comitente:																																										

Figura 14: Resultado del Ensayo de Granulometría

### **SALES TOTALES Y SULFATOS SOLUBLES (VN E18-89)**

Este ensayo no se realiza de manera rutinario debido a que la arena es proveniente de yacimientos naturales ubicados en la cuenca del Río Suquía. Se sabe ya que se han hecho los estudios correspondientes, que estas arenas no tienen cantidades de sales perjudiciales. Las arenas que comúnmente tienen alta cantidad de sales y sulfatos se encuentran en aquellas zonas donde la evaporación es mayor que la infiltración como en las provincias del NOA, o donde existe el aporte de aguas superficiales muy salinas, en el NE de la provincia de Córdoba.

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

Para el Ensayo de Equivalente Arena se obtuvo un valor de 88 %; este valor es bueno, ya que significa que posee poca cantidad de material fino. Cabe aclarar que este ensayo no es exigido en el pliego pero de todas formas se realiza para comprobar su limpieza. Los límites son distintos si el uso de la arena silíceo es producir hormigón o asfalto. En los hormigones es más importante, ya que la suciedad de la arena es perjudicial para el correcto fragüe. El concreto asfáltico es más permisivo, en este caso permite valores mayores al 50%.

El contenido de Sales Totales deberá ser inferior a 1.5 % y Sulfatos Solubles menor a 0.5 %

La granulometría deberá ser tal que, compuesta con los demás elementos inertes de la mezcla, haga cumplir el entorno granulométrico especificado para la mezcla.

De las anteriores especificaciones concluimos que la arena cumple con las exigencias para ser utilizada en la mezcla del concreto asfáltico o para la elaboración de hormigón o base granular.

#### **5.2.2. TRITURADOS**

El agregado triturado se obtiene de cantera, en la cual mediante voladuras y sistemas mecanizados de rotura, se reducen los grandes bloques en agregados de distintos tamaños, que luego son clasificados mediante cribas y dan las distintas secciones. Por lo general las secciones son 0 – 6 – 12 – 19 – 25 mm.

El material normalmente utilizado en la planta y usado en obra es proveniente de la Cantera Diquecito, ubicada en Ruta E 55, Km 4, Ciudad de La Calera, Córdoba. Este material es de origen metamórfico.

Cabe aclarar que este material es utilizado, en la producción de hormigón, concreto asfáltico y bases granulares.

El material que se utiliza en la planta es:

- 0-6 mm
- 6-19 mm
- 6-25 mm

Los ensayos de calidad ejecutados para este material son Granulometría, Desgaste Los Ángeles, Cubicidad y Lajosidad. En función de los usos que se le dé a esta material, cambiarán los parámetros.

### 5.2.2.1. TRITURADO 0-6

El triturado 0-6 mm se utiliza para la elaboración de mezcla asfáltica como así también de hormigón. Constituye la parte fina de los agregados. Como los demás triturados, este tiene su origen en la roca madre, es de ahí que tiene aristas marcadas. Esta propiedad le da resistencia y genera fricción entre las partículas, siendo el principal responsable de la resistencia a la deformación en mezclas asfálticas.

#### CONDICIONES A CUMPLIR

El triturado 0-6 o también denominado Arena de Trituración, deberá cumplir con las siguientes exigencias para la construcción de la carpeta asfáltica:

- Provenirá de la trituración de rocas sanas.
- Ser de una granulometría tal que junto con los otros componentes inertes de la mezcla haga cumplir el entorno granulométrico establecido para la capa.
- La plasticidad de la fracción pasante tamiz 200 y por vía húmeda no debe superar el 10 % y la fracción pasante tamiz 40 no debe superar el 40 %.

#### ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (VN E7-65)

El ensayo consiste en determinar los porcentajes de cada una de las respectivas fracciones. El ensayo de granulometría se ha explicado en el apartado 5.1.1. *Suelo-Cal*. A continuación en la *Figura 15*, se muestra el resultado del ensayo sobre una muestra de Triturado 0-6.

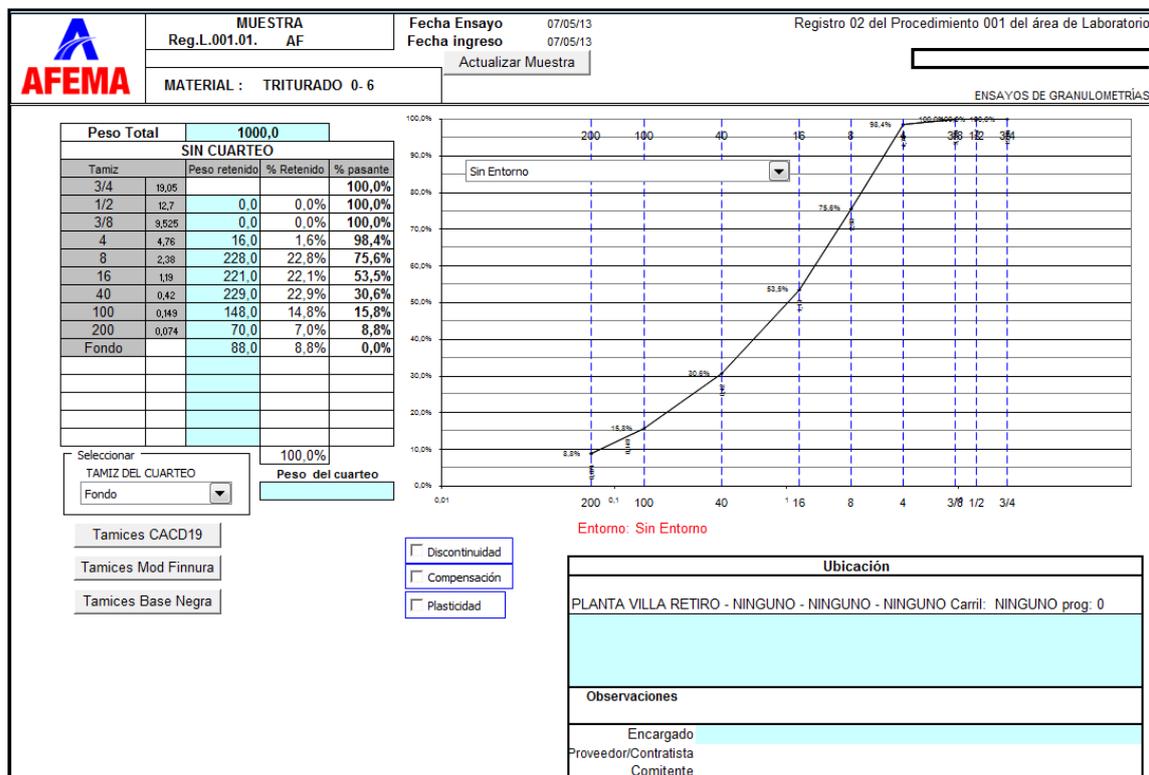


Figura 15: Resultado del Ensayo de Granulometría Triturado 0-6

**ENSAYO INDICE DE PLASTICIDAD (VN - E1 - E2 - 65)**

El resultado del ensayo de plasticidad sobre una muestra de Triturado 0-6 está representado en la *Figura 16*. El procedimiento del ensayo ha sido explicado en el apartado 5.1.1. *Suelo-Cal*.

		SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC) Registro 32 del Procedimiento 001 del área de Laboratorio Reg.001.32.AF.																																						
		<b>PLASTICIDAD</b>																																						
MUESTRA L.001.01.	AF	FECHA ELABORACION	04/03/13	FECHA ENSAYO	06/03/13																																			
MATERIAL: TRITURADO 0-6																																								
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>L LIQUIDO</th> <th>L PLASTICO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso filtro N°</td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Pf + suelo humedo</td> <td>40</td> <td>30,21</td> </tr> <tr> <td>Pf + suelo seco</td> <td>35,56</td> <td>27,91</td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>4,44</td> <td>2,3</td> </tr> <tr> <td>Pesafiltro</td> <td>14</td> <td>14,5</td> </tr> <tr> <td>Peso seco</td> <td>21,56</td> <td>13,41</td> </tr> <tr> <td>N° de golpes</td> <td>25</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Limites %</td> <td>20,6%</td> <td>17,2%</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th>Tamiz</th> <th>% pasante</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N° 10</td> <td>63,0%</td> </tr> <tr> <td>N° 40</td> <td>30,6%</td> </tr> <tr> <td>N° 200</td> <td>8,8%</td> </tr> </tbody> </table>							L LIQUIDO	L PLASTICO	Peso filtro N°	4	5	Pf + suelo humedo	40	30,21	Pf + suelo seco	35,56	27,91	Agua	4,44	2,3	Pesafiltro	14	14,5	Peso seco	21,56	13,41	N° de golpes	25		Limites %	20,6%	17,2%	Tamiz	% pasante	N° 10	63,0%	N° 40	30,6%	N° 200	8,8%
	L LIQUIDO	L PLASTICO																																						
Peso filtro N°	4	5																																						
Pf + suelo humedo	40	30,21																																						
Pf + suelo seco	35,56	27,91																																						
Agua	4,44	2,3																																						
Pesafiltro	14	14,5																																						
Peso seco	21,56	13,41																																						
N° de golpes	25																																							
Limites %	20,6%	17,2%																																						
Tamiz	% pasante																																							
N° 10	63,0%																																							
N° 40	30,6%																																							
N° 200	8,8%																																							
<b>UBICACIÓN</b> Extraído de: CANTERAS - NINGUNO - NINGUNO - NINGUNO Carril: NINGUNO prog: 0 r.p a 174 CORDOBA COLOMIA TIROLESA		<b>Resultados</b>																																						
		Material tipo: Fragmentos de Roca-Grava-Arenas	INDICE DE PLASTICIDAD <b>3,5%</b>																																					
		Clasificacion HRB: A2-4	INDICE DE GRUPO <b>0</b>																																					
PROVEEDOR	CANTERA AMADEO																																							
CONCEDENTE	DIRECCION PROVINCIAL DE VIA																																							
LABORATORIO	VILLA RETIRO																																							
ENCARGADO ENSAYO																																								

**Figura 16: Resultado del ensayo de Plasticidad Triturado 0-6**

**SALES TOTALES Y SULFATOS SOLUBLES (VN E18-89)**

Este ensayo se realizo por única vez, para demostrar que los triturados de la cantera de Diquecito no tienen problemas con las sales. En la *Figura 17* se muestra el resultado del ensayo. El procedimiento del ensayo ha sido explicado en el apartado 5.1.1. *Suelo-Cal*.

	SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC) Registro 11 del Procedimiento 001 del área de Laboratorio		
	MÉTODO DE CAMPAÑA PARA LA DETERMINACIÓN DE SALES SOLUBLES Y SULFATOS EN SUELOS, ESTABILIZADOS Y SUELOS GRANULARES L.001.18.AF.		
MUESTRA L.001.01	AF	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO 28/11/12
MATERIAL TRITURADO 0-6			
<b>REACTIVOS</b> a) Solución N° 1 50 cm <sup>3</sup> . de ácido clorhídrico concentrado diluido en 500 cm <sup>3</sup> . de agua destilada.	<b>PROCEDIMIENTO</b> REPOSO 24 HS	Se pesan 100 gr. (± 0,5gr.) del suelo seco se agrega agua destilada se agita con la varilla de vidrio energéticamente todo el contenido del recipiente durante 5 minutos, se tapa y se deja en reposo hasta el día siguiente.	
b) Solución N° 2 5g. de cloruro de bario disuelto en 100 cm <sup>3</sup> . de agua destilada.	FLOCULA	Los suelos de zonas con afloramiento de sales aparecen floculados. Encontrándose en este caso al día siguiente, realizada la operación indicada en 18-4-d, el agua no contiene suelo en suspensión presentándose totalmente clara y limpia	
	NO FLOCULA	Si en cambio se trata de un suelo con muy bajo contenido de sales el agua al día siguiente se presentará turbia con partículas de suelo en suspensión lo que indica que no está floculado. En este último caso no se continúa el ensayo y se informa "No flocula" lo que significa que el contenido de sales solubles es inferior al 0,1 %.	
<b>UBICACIÓN</b> [Empty Box]		<b>Resultados</b> <b>NO FLOCULA</b> Sales solubles inferior al 0,1%	
<b>PROVEEDOR</b> CANTERA DIQUECITO <b>CONCEDENTE</b> C.I.S.A <b>LABORATORIO</b> VILLA RETIRO <b>ENCARGADO ENSAYO</b> Daniel Ruiz	<b>OBSERVACIONES</b>	material 06 de Cantera Diquecito	

Figura 17: Resultado del Ensayo de Sales Solubles Totales Triturado 0-6

## ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Se observa que el triturado 0-6 mm tiene una curva granulométrica continua.

El agregado tiene un límite líquido de 20,6% y un límite líquido de 17,2% lo que arroja un índice plástico de 3,5. Este valor es muy bueno, y el material es apto para ser utilizado en bases y/o carpetas asfálticas.

El material no presenta problemas de Sales y sulfatos totales.

### 5.2.2.2. TRITURADO 6-19

Este material es utilizado, junto con las demás fracciones de agregados, para la ejecución de bases, mezclas asfálticas y hormigones.

#### CONDICIONES A CUMPLIR

Los ensayos de calidad que se ejecutan regularmente para este material son los siguientes: Granulometría, Desgaste de los Ángeles, Cubicidad y Lajosidad.

El material deberá cumplir las siguientes exigencias para las carpetas asfálticas:

- Deberá provenir de la trituración de rocas sanas y limpias.
- Deberá presentar un desgaste menor de 35 % y que será efectuada sobre pastón seco, a la salida del horno de secado.
- Una cubicidad superior a 0,5.
- Ser de granulometría tal que junto con los demás componentes inertes haga cumplir el entorno granulométrico de la capa.
- El Contratante determinará la Absorción, Durabilidad, Cubicidad y Lajosidad de cada partida para verificar la calidad de la piedra triturada.

#### ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DE PETREOS GRUESOS (VN - E13 – 67)

*Esta norma detalla el procedimiento a seguir para determinar el peso específico aparente y la absorción de agregados pétreos gruesos.*

*Peso específico aparente: Es la relación entre el peso de un volumen del material seco a una temperatura dada y el peso de igual volumen de agua destilada a esa temperatura. El volumen incluye los poros impermeables del material.*

*Peso específico del agregado seco: Es la relación entre el peso de un volumen del material seco a una temperatura dada y el peso de igual volumen de agua destilada estando el material en condición de saturado a superficie seca. El volumen incluye los vacíos permeables e impermeables del material.*

*Peso específico del agregado saturado: Es la relación entre el peso saturado a superficie seca de un volumen del material a una temperatura dada y el peso de igual volumen de agua destilada. El volumen incluye los vacíos permeables o impermeables del material.*

*Absorción: Es el volumen de los vacíos permeables del material expresada en por cientos del peso en el aire del mismo secado en estufa a 105°-110°C hasta constancia de peso.*

#### APARATOS

- Tamiz IRAM 4,75 mm. N° 4).
- Balanza de 10 kg. de capacidad y sensibilidad al gramo.
- Cesto de malla de alambre IRAM 2,36 mm. (N° 8) de forma cilíndrica de 20 cm. de diámetro y 20 cm. de altura aproximadamente.
- Recipiente de capacidad suficiente para sumergir el cesto totalmente en agua.
- Elementos varios de uso corriente, bandejas para mezclar el material, cucharas, espátulas, estufa para secado de muestras, etc.

#### PREPARACION DE LA MUESTRA

*Se obtiene una muestra representativa del material a ensayar y se reduce por cuarteos sucesivos hasta un peso de 5 kg aproximadamente. Se elimina, por zarandeo, de la muestra así obtenida todo el material que pasa el Tamiz N° 4.*

## PROCEDIMIENTO

Se lava cuidadosamente el material retenido en el Tamiz N° 4 en una bandeja con agua hasta eliminar totalmente el polvo y las partículas adheridas a las partículas gruesas. Se sumerge la muestra lavada en agua limpia a temperatura ambiente durante 24 horas, agitando el recipiente para conseguir que se desprendan totalmente las partículas de aire adheridos al material.

Transcurridas las 24 horas se retira la muestra del agua y se la seca haciéndola rodar sobre un paño absorbente preferentemente húmedo, de manera de eliminar solamente la película de agua superficial que da una apariencia brillante a las partículas. Enjuagar las partículas de mayor tamaño una por una. La superficie de las partículas debe mantenerse opaca y húmeda. Se tendrá especial cuidado de evitar la evaporación al realizar este trabajo.

Se determina el peso de la muestra, saturada a superficies seca, con aproximación al gramo, designado  $P_h$  a este valor. Pesada la muestra se la coloca en el cesto de malla de alambre ap. 13-2-C, cuyo peso vacío y sumergido en agua debe haberse determinado previamente y se determina su peso sumergida en agua, con aproximación al gramo. Llamaremos:

$P_i$  = Peso del cesto con la muestra en agua- Peso del cesto vacío en agua.

Se saca la muestra del cesto, se la coloca en una bandeja y se introduce en estufa a 105°-110°C hasta peso constante se la deja enfriar y se pesa. Designado  $P_s$  este valor.

## CALCULOS

### Peso específico aparente

Se determina mediante la fórmula:

$$PEA = \frac{P_s}{P_s - P_i} =$$

Donde: PEA = Peso específico aparente;  $P_s$  = Peso de la muestra seca en estufa a peso constante;  $P_i$  = Peso sumergida en agua de la muestra saturada a superficie seca.

### Peso específico del agregado seco

Para calcularlo se aplica la fórmula siguiente:

$$PEAS = \frac{P_s}{P_h - P_i} =$$

Donde: PEAS = Peso específico del agregado seco;  $P_h$  = Peso de la muestra en condición de saturada a superficie seca;  $P_s$ ;  $P_i$  = Con igual significado que en la fórmula anterior.

### Peso específico del agregado saturado

Se calcula aplicando la fórmula siguiente:

$$PEASat = \frac{P_h}{P_h - P_i} =$$

Donde: PEASat = Peso específico del agregado saturado;  $P_h$  = Peso de la muestra saturada a superficie seca;  $P_i$  = Peso de la muestra saturada a superficie seca sumergida en agua.

### Absorción

Para su determinación se aplica la fórmula siguiente:

$$PEASat = \frac{P_h - P_s}{P_s} =$$

Donde: A% = Absorción en por cientos de peso seco;  $P_h$  = Peso de la muestra saturada a superficie seca;  $P_s$  = Peso de la muestra seca en estufa a peso constante.

## VALORES TÍPICOS

Carpeta de concreto asfáltico	< 25 - 30%
Bases asfálticas	< 30 %
Hormigones	< 40 %
Bases y sub.-bases granulares	< 35 - 40%

A continuación se muestra en ensayo de peso específico del agregado pétreo del triturado 6-19, en la *Figura 18*.

<b>AFEMA S.A</b>		SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC)					
<b>OBRAS VIALES</b>		Registro 06 del procedimiento 001 del área de Laboratorio					
		Reg.L.001.06.AF.00003					
		<b>DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCION</b>					
MUESTRA L.001.01.	<b>AF</b>	<b>00277</b>	FECHA ELABORACION	<b>4-mar-2013</b>	FECHA ENSAYO	<b>4-mar-2013</b>	
MATERIAL <b>TRITURADO 6-19</b>							
<b>ÁRIDO GRUESO</b>	Peso Seco (a estufa 110°C)	Peso Saturado sup. Seca	Peso sumergido	Densidad relativa aparente $\delta_{ra}$	Densidad relativa aparente saturada sup seca $\delta_{rass}$	Densidad relativa real $\delta_{rr}$	Absorción Abs (%)
Retenido Tamiz N°4	A	B	C	A/(B-C)	B/(B-C)	A/(A-C)	(B-A)/A x 100
	4091,0	4123,7	2626,0	<b>2,73</b>	<b>2,75</b>	<b>2,79</b>	<b>0,8%</b>
<b>ÁRIDO FINO</b>	Peso de la muestra Sat. Sup. Seca	Peso matraz con agua aforado	Peso del matraz + árido + agua aforado	Peso de la muestra seca a estufa 110 °C	Densidad relativa $\delta_{rr}$	Absorción Abs (%)	
Pasante Tamiz #4					-	-	
<b>UBICACIÓN</b>							
Extraído de: PLANTA VILLA RETIRO - NINGUNO - NINGUNO - NINGUNO Carril: NINGUNO prog: 0							
PLANTA VILLA RETIRO - NINGUNO - NINGUNO - NINGUNO Carril: NINGUNO prog: 0							
PROVEEDOR	CANTERA DIQUECITO			OBSERVACIONES	MUESTRA DE ACOPIO - -		
CONCEDENTE	DIRECCION PROVINCIAL DE VIAL						
LABORATORIO	VILLA RETIRO						
ENCARGADO ENSAYO	DANIEL DE LA RUBIA						

**Figura 18: Resultado del Ensayo de Peso Específico del Triturado 6-19**

### ENSAYO DE DESGASTE LOS ÁNGELES (NORMA IRAM 1532)

Es un ensayo de abrasión de los agregados gruesos y expresa la cantidad de material pulverizado que se obtiene, después de someterlo a la acción destructiva de esferas de acero dentro de un tambor, en una muestra que se conforma considerando la granulometría del material.

#### EQUIPO:

- Máquina de "Los Ángeles": Tambor hueco cilíndrico de acero, de aprox. 50 cm de largo y 70 cm de diámetro, solidario a un motor que le imprime un movimiento de rotación.
- Balanza con precisión de gramo.
- Serie de tamices.
- Tamiz 12.
- Carga abrasiva.
- Estufa.

#### PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO:

En primer lugar se realiza un análisis granulométrico y se determina la granulometría tipo (A, B, C, D). Se lava, se seca, y se separa las fracciones de las fracciones según la granulometría tipo hasta completar 5000 gr de muestra.

TIPO	FRACCION	PASANTE TAMIZ	RETENIDO TAMIZ	CANTIDAD DE MUESTRA %
A	1	1 1/2"	1"	25
	2	1"	3/4"	25
	3	3/4"	1/2"	25
	4	1/2"	3/8"	25
B	3	3/4"	1/2"	50
	4	1/2"	3/8"	50
C	5	3/8"	Nº 3	50
	6	Nº 3	Nº 4	50
D	7	Nº 4	Nº 8	100

*Determinación de la carga abrasiva en función de la granulometría tipo, compuesta por esferas de fundición o de acero de 48 mm de diámetro y un masa variable de entre 390 y 445 gr.*

TIPO	Nº DE ESFERAS	MASA DE ESFERAS
A	12	5000
B	11	4584
C	8	3330
D	6	2500

*Se ensaya la muestra con la carga abrasiva dándole un total de 500 vueltas a una velocidad aprox. de 30 a 35 rpm. Se retira el material del cilindro y se lo tamiza por el tamiz Nº12 (1.7 mm); se lava y se seca la muestra y se pesa el material retenido con precisión del gramo.*

### **CÁLCULOS**

$$P = \frac{m \times m_1}{m} \times 100 =$$

*Dónde: P = porcentaje de pérdida por abrasión; m = masa de la muestra seca en gramos; m<sub>1</sub> = masa del material retenido en el tamiz Nº12.*

### **ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (VN E7-65)**

El ensayo de granulometría se ha explicado en el apartado 5.1.1. *Suelo-Cal*. A continuación en la *Figura 19*, se muestra el resultado del ensayo sobre una muestra de Triturado 6-19.

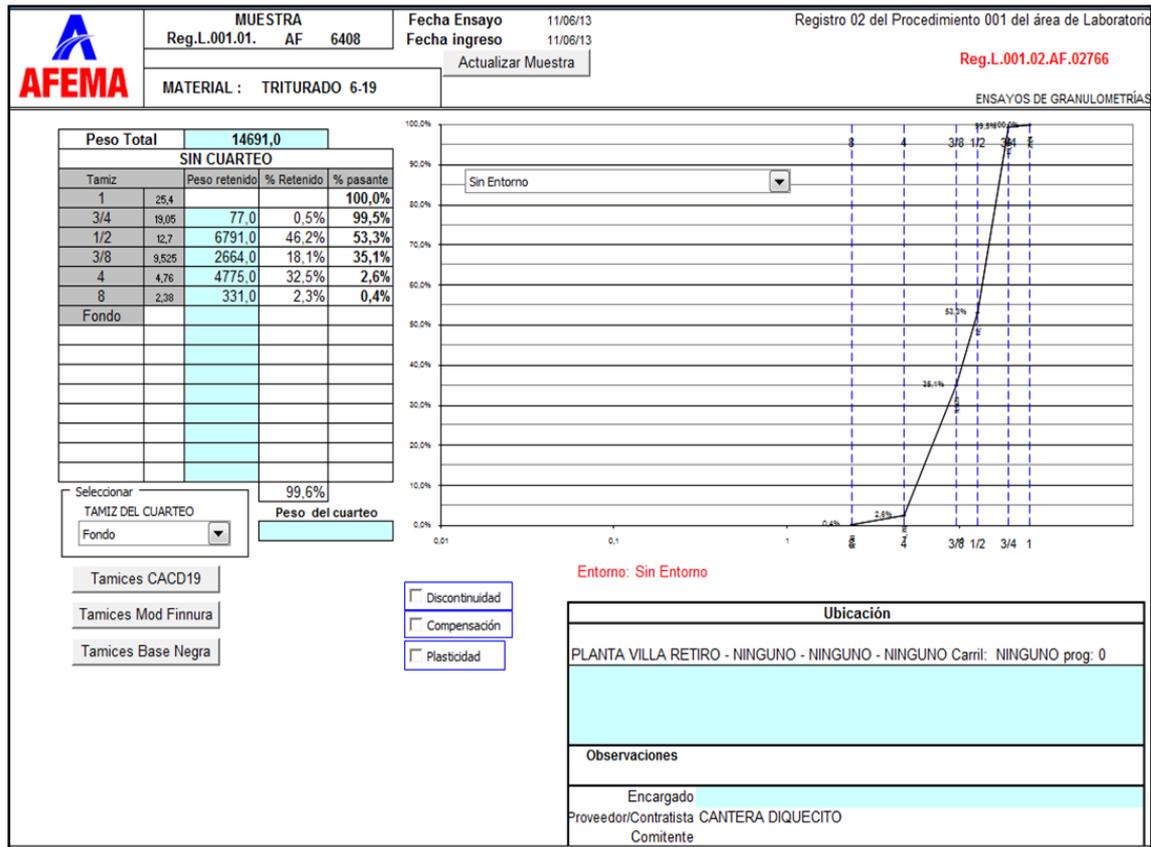


Figura 19: Resultado del Ensayo de Granulometría Triturado 6-19

### DESGASTE LOS ÁNGELES (NORMA IRAM 1532)

A continuación se muestra en la *Figura 20* el resultado del ensayo Desgaste de los Angeles en el Titurado 6-19. El mismo nos da una referencia de como se comporta el material con relación a la abrasión. Dicho ensayo no se realiza en la empresa sino que se realiza en las instalaciones y bajo visación en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UNC.

<b>AFEMA S.A.</b> <b>OBRAS VIALES</b>		SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC) Registro 08 del procedimiento 001 del área de Laboratorio																																																									
		Actualizar Muestra		<b>DESGASTE LOS ANGELES</b>																																																							
MUESTRA L.001.01.	AF	FECHA ELABORACION	17/05/13	FECHA ENSAYO	18/05/13																																																						
MATERIAL		TRITURADO 6-19																																																									
GRADUACION: B		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">ESFERAS</th> <th>12</th> <th>11</th> <th>8</th> <th>6</th> </tr> <tr> <th>PASA</th> <th>RETENE</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 1/2"</td> <td>1"</td> <td>1250</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1"</td> <td>3/4"</td> <td>1250</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>1/2"</td> <td>1250</td> <td>2500</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1/2"</td> <td>3/8"</td> <td>1250</td> <td>2500</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>Nº 3</td> <td></td> <td></td> <td>2500</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº 3</td> <td>Nº 4</td> <td></td> <td></td> <td>2500</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº 4</td> <td>Nº 8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5000</td> </tr> </tbody> </table>				ESFERAS		12	11	8	6	PASA	RETENE	A	B	C	D	1 1/2"	1"	1250				1"	3/4"	1250				3/4"	1/2"	1250	2500			1/2"	3/8"	1250	2500			3/8"	Nº 3			2500		Nº 3	Nº 4			2500		Nº 4	Nº 8				5000
ESFERAS		12	11	8	6																																																						
PASA	RETENE	A	B	C	D																																																						
1 1/2"	1"	1250																																																									
1"	3/4"	1250																																																									
3/4"	1/2"	1250	2500																																																								
1/2"	3/8"	1250	2500																																																								
3/8"	Nº 3			2500																																																							
Nº 3	Nº 4			2500																																																							
Nº 4	Nº 8				5000																																																						
CANTIDAD DE MATERIAL TOMADO : 5000																																																											
RETENIDO EN TAMIZ Nº 12 : 3325																																																											
DIFERENCIA : 1675																																																											
<b>UBICACIÓN</b> Extraído de: PLANTA VILLA RETIRO - NINGUNO - NINGUNO - NINGUNO Carril: NINGUNO prog: 0  PLANTA VILLA RETIRO - NINGUNO - NINGUNO - NINGUNO Carril: NINGUNO prog: 0		Calcular <table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;"><b>Desgaste</b></td> <td style="text-align: center;"><b>33,5%</b></td> </tr> </table>				<b>Desgaste</b>	<b>33,5%</b>																																																				
<b>Desgaste</b>	<b>33,5%</b>																																																										
PROVEEDOR	CANTERA DIQUESITO	OBSERVACIONES	MUESTRA DE ACOPIO - -																																																								
CONCEDENTE	DIRECCION PROVINCIAL DE VIAL																																																										
LABORATORIO	VILLA RETIRO																																																										
ENCARGADO ENSAYO	DANIEL DE LA RUBIA																																																										

Figura 20: Resultado del Ensayo de Desgaste de los Ángeles del Triturado 6-19

**ENSAYO DE LAJOSIDAD Y ELONGACIÓN (NORMA V.N – E38-86)**

La forma de un árido da una idea de la aptitud de su esqueleto mineral y, por lo tanto, de su resistencia mecánica. Los agregados más deseados son generalmente aquellos que tienen una alta proporción de partículas de iguales dimensiones. Las formas planas y alargadas son susceptibles a quebrarse bajo condiciones de carga, lo que modifica las granulometrías y las propiedades iniciales de las mezclas y se degradan mucho más fácilmente en el proceso de compactación.

La intención de este ensayo es determinar precisamente qué proporción de elementos lajosos tenemos y, de esta manera, tener un dato con el que podamos calificar al material. Se define como Índice de Lajosidad de una fracción de agregados al porcentaje en peso de las partículas que la forman, en cuya dimensión mínima (espesor) es inferior a 3/5 de la dimensión media de la fracción.

Se define como Índice de elongación de una fracción de áridos el porcentaje en peso de las partículas que la forman, en cuya dimensión máxima (longitud) es superior a 9/5 de la dimensión media de la reacción.

**EQUIPO:**

- Calibres - un juego de los calibres metálicos, uno de ranuras (calibre de espesores) y otros de barras (calibre de elongación), cuyas dimensiones estarán especificadas.
- Un juego de cribas y tamices que cumplan con la tabla Nº 1 y cumplirán la Norma IRAM 1501.
- Balanza de 26 kg. de capacidad con sensibilidad de 1 gramo.
- Material auxiliar: cuarteador de áridos, bandejas, espátulas, cuchara de albañil, etc.

### PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:

Al material a ensayar separado por cuarteo de una muestra representativa, se procederá a determinar su análisis granulométrico. A continuación, previo cuarteo, se separan por cribado las distintas fracciones de la muestra a ensayar. Las fracciones del árido cuyo porcentaje sea inferior al 5% de la muestra no se ensayan.

### PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO:

Para separar el material lajoso de cada una de las fracciones de ensayo, preparadas como se indicó anteriormente, se hace pasar cada partícula en el calibre de espesores por la ranura cuya abertura corresponde a la fracción que se ensaya de acuerdo con la tabla. La cantidad total de partículas de cada fracción que pasa por la ranura correspondiente, se pesa ( $P_i$ ) con la precisión del 5 % del peso total de la muestra de ensayo.

Para separar el material con forma de "aguja" de cada una de las fracciones de ensayo, se hace pesar cada partícula en el calibre de longitudes por la separación entre barras correspondiente a la fracción que se ensaya de acuerdo con la tabla. La cantidad total de partículas de cada fracción que pasa entre las dos barras correspondientes, se pesan ( $A_i$ ) con precisión del 5 % del peso total de la muestra de ensayo.

FRACCIONES DEL ARIDO		CALIBRE DE ESPESORES	CALIBRE DE ELONGACION
Pasa criba de	Retiene criba de	Abertura de la Ranura[mm]	Separación de las Barras[mm]
2 1/2"	2"	34,29	-
2"	1 1/2"	26,67	80
1 1/2"	1"	19,05	57,2
1"	3/4"	13,34	39,9
3/4"	1/2"	9,53	28,5
1/2"	3/8"	6,68	20,1
3/8"	1/4"	4,76	14,2

### CÁLCULOS

El índice de lajosidad de cada fracción de ensayo se calcula en porciento, mediante la relación entre los pesos de las partículas,  $p_i$  que pasa a través de la correspondiente ranura y el peso inicial  $P_i$  de dicha fracción.

$$\text{Indice de Lajosidad} = Li = \frac{P_i}{P_i} \times 100 =$$

El índice de elongación de fracción de ensayo se calcula en porciento, mediante la relación entre los pesos de las partículas  $A_i$  que pasa a través de las correspondientes barras y el peso inicial  $E_i$  de dicha fracción.

$$\text{Indice de Elongacion} = Li = \frac{A_i}{E_i} \times 100 =$$

El valor para cada fracción ensayada, tanto del porcentaje de lajosidad como del porcentaje de elongación, se redondeará al número entero más próximo.

Para los índices de lajosidad y de elongación totales se calcula mediante ponderada de los respectivos índices de todas las fracciones ensayadas, empleando como factores de ponderación los porcentajes retenidos ( $R_i$ ), e indicando la granulometría de la muestra. Estos índices totales pueden obtenerse aplicando las siguientes expresiones:

$$\text{Indice de Lajosidad} = Li = \frac{\sum L_i \cdot R_i}{\sum R_i} \times 100 =$$

$$\text{Indice de Elongacion} = Ei = \frac{\sum L_i \cdot R_i}{\sum R_i} \times 100 =$$

siendo  $i$  las fracciones ensayadas.

AFEMA		SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC) Registro 20 del procedimiento 001 del área de Laboratorio Reg.L.001.20.AF.																																																																
AFEMA S.A		AF	FECHA ELABORACION	11/03/13	FECHA ENSAYO	11/03/13																																																												
MATERIAL		TRITURADO 6-19																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Clase de Granulometria</th> <th rowspan="2">Porcentaje retenido Ri (&gt; a 5%) (2)</th> <th rowspan="2">Peso de la muestra (&gt; a 100)</th> <th colspan="2">Partículas que pasan por las ranuras</th> <th rowspan="2">I<sub>Li</sub> x Ri (1)x(2)</th> </tr> <tr> <th>Peso pi (gr)</th> <th>Porcentaje Ii(1)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td>2 1/2" - 2"</td><td></td><td></td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>B</td><td>2" - 1 1/2"</td><td></td><td></td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>C</td><td>1 1/2" - 1"</td><td></td><td></td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>D</td><td>1" - 3/4"</td><td></td><td></td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>E</td><td>3/4" - 1/2"</td><td>32,4</td><td>2527</td><td>1000</td><td>39,6%</td><td>12,8</td></tr> <tr><td>F</td><td>1/2" - 3/8"</td><td>18,1</td><td>2525</td><td>346</td><td>13,7%</td><td>2,5</td></tr> <tr><td>G</td><td>3/8" - 1/4"</td><td>7,0</td><td>552</td><td>73</td><td>13,2%</td><td>0,9</td></tr> <tr><td colspan="2"></td><td>Σ Ri</td><td>57,5</td><td></td><td>Σ</td><td>16,2</td></tr> </tbody> </table>							Clase de Granulometria	Porcentaje retenido Ri (> a 5%) (2)	Peso de la muestra (> a 100)	Partículas que pasan por las ranuras		I <sub>Li</sub> x Ri (1)x(2)	Peso pi (gr)	Porcentaje Ii(1)	A	2 1/2" - 2"			-	-	B	2" - 1 1/2"			-	-	C	1 1/2" - 1"			-	-	D	1" - 3/4"			-	-	E	3/4" - 1/2"	32,4	2527	1000	39,6%	12,8	F	1/2" - 3/8"	18,1	2525	346	13,7%	2,5	G	3/8" - 1/4"	7,0	552	73	13,2%	0,9			Σ Ri	57,5		Σ	16,2
Clase de Granulometria	Porcentaje retenido Ri (> a 5%) (2)	Peso de la muestra (> a 100)	Partículas que pasan por las ranuras		I <sub>Li</sub> x Ri (1)x(2)																																																													
			Peso pi (gr)	Porcentaje Ii(1)																																																														
A	2 1/2" - 2"			-	-																																																													
B	2" - 1 1/2"			-	-																																																													
C	1 1/2" - 1"			-	-																																																													
D	1" - 3/4"			-	-																																																													
E	3/4" - 1/2"	32,4	2527	1000	39,6%	12,8																																																												
F	1/2" - 3/8"	18,1	2525	346	13,7%	2,5																																																												
G	3/8" - 1/4"	7,0	552	73	13,2%	0,9																																																												
		Σ Ri	57,5		Σ	16,2																																																												
<b>UBICACIÓN</b> Extraído de: PLANTA VILLA RETIRO - NINGUNO - NINGUNO - NINGUNO Carril: NINGUNO prog: 0		Índice de Lajosidad = $\frac{\sum I_{Li} \cdot R_i}{\sum R_i}$				Calcular <b>28,2%</b>																																																												
<b>PROVEEDOR</b> <b>CONCEDENTE</b> <b>LABORATORIO</b> <b>ENCARGADO ENSAYO</b>	CANTERA DIQUECITO DIRECCION PROVINCIAL DE V VILLA RETIRO	<b>OBSERVACIONES</b> --																																																																

Figura 21: Resultado del Ensayo de Lajosidad Triturado 6-19

En las Figuras 21 y Figura 22 se muestran los resultados del ensayo de Lajosidad y Elongación del Triturado 6-19 respectivamente.

AFEMA		SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC) Registro 23 del procedimiento 001 del área de Laboratorio Reg.L.001.23.AF.																																																																
AFEMA S.A		AF	FECHA ELABORACION	11/03/13	FECHA ENSAYO	11/03/13																																																												
MATERIAL		TRITURADO 6-19																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Clase de Granulometria</th> <th rowspan="2">Porcentaje retenido Ri (&gt; a 5%) (2)</th> <th rowspan="2">Peso de la muestra (&gt; a 100)</th> <th colspan="2">Partículas que no pasan por entre las ranuras</th> <th rowspan="2">IEi x Ri (1)x(2)</th> </tr> <tr> <th>Peso pi (gr)</th> <th>Porcentaje IEi(1)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td>2 1/2" - 2"</td><td></td><td></td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>B</td><td>2" - 1 1/2"</td><td></td><td></td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>C</td><td>1 1/2" - 1"</td><td></td><td></td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>D</td><td>1" - 3/4"</td><td></td><td></td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>E</td><td>3/4" - 1/2"</td><td>32,4</td><td>2527</td><td>947</td><td>37,5%</td><td>12,1</td></tr> <tr><td>F</td><td>1/2" - 3/8"</td><td>18,1</td><td>2525</td><td>547</td><td>21,7%</td><td>3,9</td></tr> <tr><td>G</td><td>3/8" - 1/4"</td><td>7,0</td><td>552</td><td>171</td><td>31,0%</td><td>2,2</td></tr> <tr><td colspan="2"></td><td>Σ Ri</td><td>57,5</td><td></td><td>Σ</td><td>18,2</td></tr> </tbody> </table>							Clase de Granulometria	Porcentaje retenido Ri (> a 5%) (2)	Peso de la muestra (> a 100)	Partículas que no pasan por entre las ranuras		IEi x Ri (1)x(2)	Peso pi (gr)	Porcentaje IEi(1)	A	2 1/2" - 2"			-	-	B	2" - 1 1/2"			-	-	C	1 1/2" - 1"			-	-	D	1" - 3/4"			-	-	E	3/4" - 1/2"	32,4	2527	947	37,5%	12,1	F	1/2" - 3/8"	18,1	2525	547	21,7%	3,9	G	3/8" - 1/4"	7,0	552	171	31,0%	2,2			Σ Ri	57,5		Σ	18,2
Clase de Granulometria	Porcentaje retenido Ri (> a 5%) (2)	Peso de la muestra (> a 100)	Partículas que no pasan por entre las ranuras		IEi x Ri (1)x(2)																																																													
			Peso pi (gr)	Porcentaje IEi(1)																																																														
A	2 1/2" - 2"			-	-																																																													
B	2" - 1 1/2"			-	-																																																													
C	1 1/2" - 1"			-	-																																																													
D	1" - 3/4"			-	-																																																													
E	3/4" - 1/2"	32,4	2527	947	37,5%	12,1																																																												
F	1/2" - 3/8"	18,1	2525	547	21,7%	3,9																																																												
G	3/8" - 1/4"	7,0	552	171	31,0%	2,2																																																												
		Σ Ri	57,5		Σ	18,2																																																												
<b>UBICACIÓN</b> Extraído de: PLANTA VILLA RETIRO - NINGUNO - NINGUNO - NINGUNO Carril: NINGUNO prog: 0		Índice de Elongacion = $\frac{\sum IE_i \cdot R_i}{\sum R_i}$				Calcular <b>31,7%</b>																																																												
<b>PROVEEDOR</b> <b>CONCEDENTE</b> <b>LABORATORIO</b> <b>ENCARGADO ENSAYO</b>	CANTERA DIQUECITO DIRECCION PROVINCIAL DE V VILLA RETIRO	<b>OBSERVACIONES</b>																																																																

Figura 22: Resultado del Ensayo de Elongación Triturado 6-19

### ENSAYO DE CUBICIDAD (VN-E16-67)

Este es otro ensayo que se utiliza para determinar las características de forma de las partículas que constituyen el agregado, mediante operaciones de zarandeo a través de cribas reductoras y definiendo la misma por el valor que resulta para su "factor de cubicidad". Este valor de cubicidad toma el valor de uno para agregados de cubicidad óptima y cero para los de cubicidad mínima (partículas sumamente achatadas o lajosas).

#### EQUIPO:

- Una balanza de sensibilidad dentro del 0,1 por ciento del peso de la muestra ensayar.
- Un juego de cribas con aberturas circulares de los tamaños necesarios para el tipo de graduación a utilizar.
- Un "Marco de zarandeo" para las cribas reductoras.
- Un "juego de cribas reductoras de los tamaños necesarios para el tipo de graduación a utilizar".

#### PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:

La muestra a ensayar deberá tener una granulometría tal, que cumpla con una de las cuatro graduaciones (A, B, C ó D). Se elegirá para el ensayo, la graduación que sea más representativa del tipo de agregado a utilizar en el trabajo. La muestra será de unos 12 Kg de agregado para la graduación A; 6 Kg para las graduaciones B y C; y 2 Kg para la graduación.

GRADUACION	TAMAÑO DIRECTRIZ		PORCENTAJE
	PASANTE TAMIZ	RETENIDO TAMIZ	
A	3"	2 1/2"	25
	2 1/2"	2"	25
	2"	1 1/2"	25
	1 1/2"	1 1/4"	25
	1 1/4"	1"	33,33
B	1"	3/4"	33,33
	3/4"	5/8"	33,33
	3/4"	5/8"	33,33
C	5/8"	1/2"	33,33
	1/2"	3/8"	33,33
	1/2"	3/8"	50
	3/8"	1/4"	50

#### PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO:

Luego, cada fracción se tamiza de acuerdo a su tamaño por las cribas reductoras I y II. Estas cribas tienen aberturas rectangulares, cuyo lado menor tiene una dimensión igual a la mitad del diámetro de la criba circular correspondiente para el Tipo I, y 1/3 del diámetro para el tipo II.

#### CÁLCULOS

Luego el factor de cubicidad se calcula con la siguiente expresión.

$$F = \frac{P1 + 0.5 \cdot P2}{100n} =$$

A continuación en la *Figura 23*, se muestra el resultado del ensayo de cubicidad sobre una muestra de Triturado 6-19.

		SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC) Registro 26 del procedimiento 001 del área de Laboratorio Reg.L.001.26.AF																																																				
MUESTRA L.001.01. <b>AF</b>		FECHA ELABORACION <b>11/03/13</b>		FECHA ENSAYO <b>04/03/13</b>																																																		
MATERIAL <b>Triturado 6-19</b>																																																						
Actualizar Muestra																																																						
<b>ENSAYO DE CUBICIDAD</b>																																																						
Mecanismo GRADUACION: <b>C</b> Planilla de Cálculo																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pasa</th> <th>Retenido</th> <th>Cantidad (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3/4</td> <td>5/8</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5/8</td> <td>1/2</td> <td>2209</td> </tr> <tr> <td>1/2</td> <td>3/8</td> <td>2527</td> </tr> <tr> <td colspan="2">CANTIDAD DE MATERIAL</td> <td>4736</td> </tr> </tbody> </table>			Pasa	Retenido	Cantidad (g)	3/4	5/8	0	5/8	1/2	2209	1/2	3/8	2527	CANTIDAD DE MATERIAL		4736	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">TAMIZ DIRECTRIZ PASA</th> <th colspan="4">PORCENTAJE EN PESO RETENIDO</th> </tr> <tr> <th colspan="2">CRIBA RED I</th> <th colspan="2">CRIBA RED II</th> </tr> <tr> <th></th> <th>GRAMOS</th> <th>%</th> <th>GRAMOS</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3/4</td> <td>0</td> <td></td> <td>0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5/8</td> <td>1991</td> <td>90.1%</td> <td>218</td> <td>9.9%</td> </tr> <tr> <td>1/2</td> <td>2479</td> <td>98.1%</td> <td>41</td> <td>1.6%</td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>\Sigma</math> I</td> <td>188.2%</td> <td><math>\frac{1}{2}\Sigma</math> II</td> <td>5.7%</td> </tr> </tbody> </table>			TAMIZ DIRECTRIZ PASA	PORCENTAJE EN PESO RETENIDO				CRIBA RED I		CRIBA RED II			GRAMOS	%	GRAMOS	%	3/4	0		0		5/8	1991	90.1%	218	9.9%	1/2	2479	98.1%	41	1.6%		$\Sigma$ I	188.2%	$\frac{1}{2}\Sigma$ II	5.7%
Pasa	Retenido	Cantidad (g)																																																				
3/4	5/8	0																																																				
5/8	1/2	2209																																																				
1/2	3/8	2527																																																				
CANTIDAD DE MATERIAL		4736																																																				
TAMIZ DIRECTRIZ PASA	PORCENTAJE EN PESO RETENIDO																																																					
	CRIBA RED I		CRIBA RED II																																																			
	GRAMOS	%	GRAMOS	%																																																		
3/4	0		0																																																			
5/8	1991	90.1%	218	9.9%																																																		
1/2	2479	98.1%	41	1.6%																																																		
	$\Sigma$ I	188.2%	$\frac{1}{2}\Sigma$ II	5.7%																																																		
UBICACIÓN Extraído de:		Factor de cubicidad <b>0,65</b>																																																				
PROVEEDOR CONCEDENTE LABORATORIO ENCARGADO ENSAYO	CANTERA DIQUECITO DIRECCION PROVINCIAL DE VIAL	OBSERVACIONES																																																				

Figura 23: Resultado del Ensayo de Cubicidad Triturado 6-19

### ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La granulometría es continua presentando tamaños que van desde el retenido tamiz  $\frac{3}{4}$ " hasta pasante tamiz N°4.

El ensayo de desgaste arrojó un valor de 33,5%, mientras que el pliego exige un valor menor a 35%.

Los ensayos de Índice Lajosidad e Índice Elongación dan valores de 28,2% y 31,7% respectivamente, mientras que el pliego no indica un valor específico para dichos ítems. Sí especifica un valor de referencia de Cubicidad. El ensayo de Cubicidad arrojó un valor de 0,65, mientras que el pliego exige un valor mayor a 0,5. De lo expuesto concluimos que el material es apto.

El valor de peso específico es un dato importante para cuando se determine el grado de compactación y humedad óptima en el ensayo de Proctor.

### 5.2.2.3. TRITURADO 6-25

Este material se utiliza para la base asfáltica, también denominada base negra.

#### CONDICIONES A CUMPLIR

El Pliego de Especificaciones Técnicas particulares especifica lo siguiente con respecto al material triturado 6-25, en la sección utilizada para base granular.

- Deberá provenir de la trituración de rocas sanas y limpias.
- Deberá cumplir con los ensayos VN – E – 66 – 82 y VN – E – 67 – 75, los cuales son "análisis del tipo y calidad de la roca de los agregados gruesos" y "análisis del tipo y calidad de la roca de los agregados gruesos exigencias"
- Deberá presentar un desgaste Los Ángeles menor de 35 % y que será efectuada sobre pastón seco, a la salida del horno de secado.
- Una Cubicidad superior a 0,5
- La Inspección podrá solicitar determinaciones de Absorción, Durabilidad, Cubicidad y Lajosidad de cada partida para verificar la calidad de la piedra triturada.
- Ser de granulometría tal que junto con los demás componentes inertes haga cumplir el entorno granulométrico de la capa.
- Entorno: La piedra triturada deberá cumplir el siguiente entorno:

Tamiz	% Porcentaje que pasa
1 1/2"	100
1"	90-100
3/4"	70-100
3/8"	10-20
Nº 4	2-4
Nº 10	0-2
Nº 200	0-1

#### **ENSAYO DE GRANULOMETRÍA (VN E7-65)**

El ensayo de granulometría se ha explicado en el apartado 5.1.1. *Suelo-Cal*. El resultado del ensayo se muestra en la *Figura 24*.

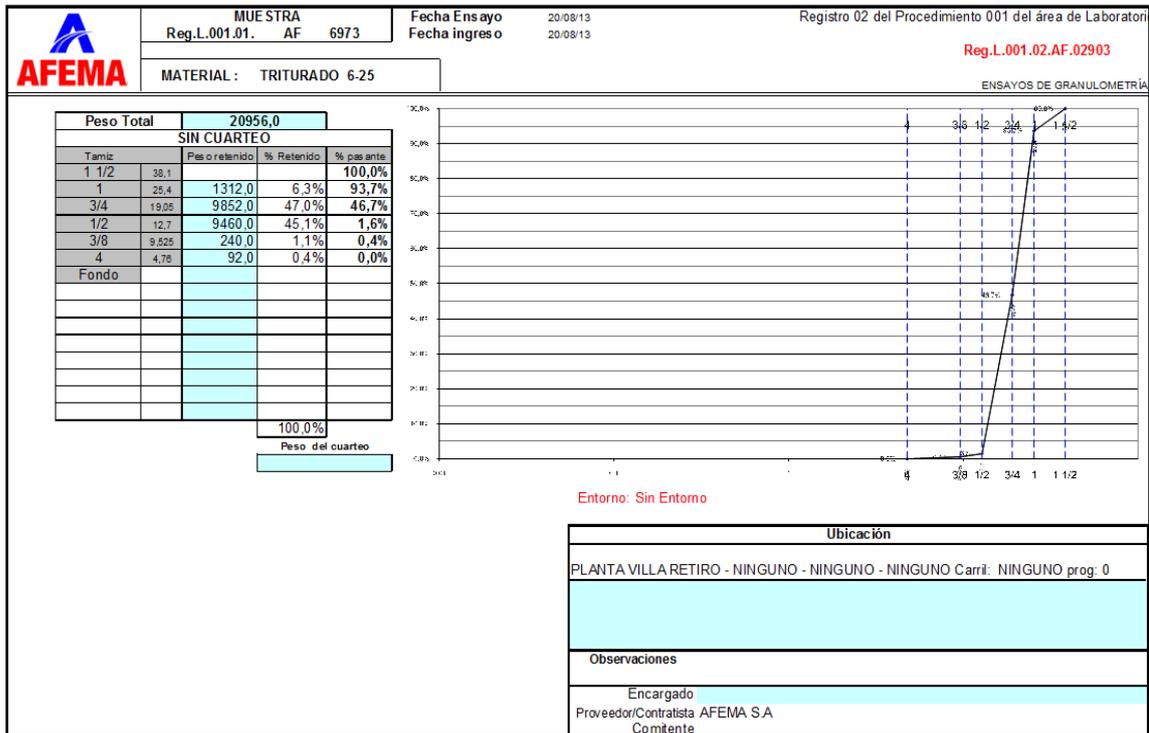


Figura 24: Resultado del Ensayo de Granulometría Triturado 6-25

**CUBICIDAD (VN-E16-67)**

El ensayo de Cubicidad se ha explicado en el apartado 5.2.2.2. Triturado 6-19. A continuación se muestra el resultado al ensayo en la Figura 25.

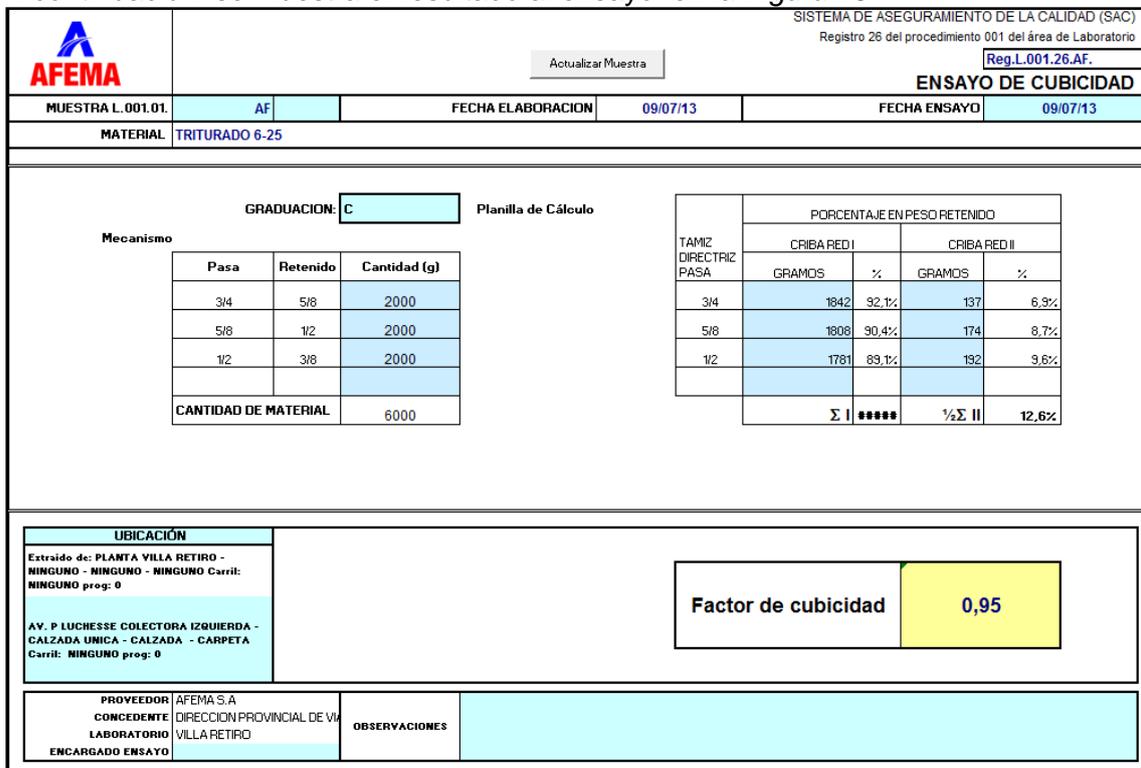


Figura 25: Resultado del Ensayo de Cubicidad Triturado 6-25

**LAJOSIDAD Y ELONGACIÓN (VN – E38-86)**

En la *Figura 26* se muestran los resultados del ensayo de Lajosidad y Elongación del Triturado 6-25. El mismo ha sido explicado en el apartado 5.2.2.2. *Triturado 6-19*.

AFEMA		SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC) Registro 23 del procedimiento 001 del área de Laboratorio Reg.L.001.20.AF.00931					
AFEMA S.A		AF	FECHA ELABORACION	06/07/13	FECHA ENSAYO	04/07/13	
MATERIAL		TRITURADO 6-25					
		Clase de Granulometría	Porcentaje retenido R <sub>i</sub> (>= 5%) (2)	Peso de la muestra (>= 100)	Partículas que no pasan por entre las ranuras Peso P <sub>i</sub> (gr)	Porcentaje I <sub>Ei</sub> (1)	I <sub>Ei</sub> x R <sub>i</sub> (1)x(2)
A	2 1/2" - 2"					-	-
B	2" - 1 1/2"					-	-
C	1 1/2" - 1"					-	-
D	1" - 3/4"	16,8	2709	434	16,0%	3	
E	3/4" - 1/2"	48,1	1207	337	27,9%	13,4	
F	1/2" - 3/8"	13,7	408	192	47,1%	6,4	
G	3/8" - 1/4"	15,7	189	130	68,8%	10,8	
		Σ R <sub>i</sub>	94,3			Σ	33,4

UBICACIÓN Extraído de: CANTERA 5 - NINGUNO - NINGUNO - NINGUNO Carril: NINGUNO prog: 0  AV. P. LUCHES SE COLECTOR RIZQUERDA - CALZADA UNCA - CALZADA - BA SE Carril: NINGUNO prog: 0		$\text{Indice de Elongacion} = \frac{\sum I_{Ei} \times R_{i}}{\sum R_{i}}$	<b>35,4%</b>
---	--	---	--------------

PROVEEDOR	CANTERA EL GRAN OMBU	OBSERVACIONES	MATERIAL PARA INCORPORAR EN BASE GRANULAR - .
CONCEDENTE	DIRECCION PROVINCIAL DE VI		
LABORATORIO	VILLA RETIRO		
ENCARGADO ENSAYO			

Figura 26: Resultado del Ensayo de Elongación Triturado 6-25

**DESGASTE LOS ÁNGELES (IRAM 1532)**

El ensayo de Desgaste de Los Ángeles se ha explicado en el apartado 5.2.2.2. *Triturado 6-19*. El resultado del ensayo se muestra en la *Figura 27*.

AFEMA S.A		SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC) Registro 08 del procedimiento 001 del área de Laboratorio Reg.L.001.08.AF.00006																																																									
OBRAS VIALES		DESGASTE LOS ANGELES																																																									
MUESTRA L.001.01	AF	FECHA ELABORACION	17/05/13	FECHA ENSAYO	18/05/13																																																						
MATERIAL		TRITURADO 6-25																																																									
GRADUACION: A		<table border="1"> <tr> <th colspan="2"></th> <th>12</th> <th>11</th> <th>8</th> <th>6</th> </tr> <tr> <th>PASA</th> <th>RETIENE</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> </tr> <tr> <td>1 1/2"</td> <td>1"</td> <td>1250</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1"</td> <td>3/4"</td> <td>1250</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>1/2"</td> <td>1250</td> <td>2500</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1/2"</td> <td>3/8"</td> <td>1250</td> <td>2500</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>Nº 3</td> <td></td> <td></td> <td>2500</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº 3</td> <td>Nº 4</td> <td></td> <td></td> <td>2500</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nº 4</td> <td>Nº 8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5000</td> </tr> </table>						12	11	8	6	PASA	RETIENE	A	B	C	D	1 1/2"	1"	1250				1"	3/4"	1250				3/4"	1/2"	1250	2500			1/2"	3/8"	1250	2500			3/8"	Nº 3			2500		Nº 3	Nº 4			2500		Nº 4	Nº 8				5000
		12	11	8	6																																																						
PASA	RETIENE	A	B	C	D																																																						
1 1/2"	1"	1250																																																									
1"	3/4"	1250																																																									
3/4"	1/2"	1250	2500																																																								
1/2"	3/8"	1250	2500																																																								
3/8"	Nº 3			2500																																																							
Nº 3	Nº 4			2500																																																							
Nº 4	Nº 8				5000																																																						
CANTIDAD DE MATERIAL TOMADO: 5000 RETENIDO EN TAMIZ Nº 12: 3970 DIFERENCIA: 1030		$\text{Desgaste} = \frac{\text{Diferencia}}{\text{Cant. Tomado}} = \frac{1030}{5000} = 20,6\%$																																																									
UBICACIÓN Extraído de: PLANTA VILLA RETIRO - NINGUNO - NINGUNO - NINGUNO Carril: NINGUNO prog: 0  PLANTA VILLA RETIRO - NINGUNO - NINGUNO - NINGUNO Carril: NINGUNO prog: 0		<b>Desgaste 20,6%</b>																																																									
PROVEEDOR	CANTERA DIQUECITO	OBSERVACIONES	MUESTRA DE ACOPIO - .																																																								
CONCEDENTE	DPV																																																										
LABORATORIO	VILLA RETIRO																																																										
ENCARGADO ENSAYO	DANIEL DE LA RUBIA																																																										

Figura 27: Resultado del Ensayo de Desgaste de los Ángeles Triturado 6-25

**PESO ESPECÍFICO DE PETREOS GRUESOS (VN - E13 – 67)**

El ensayo de Peso Específico se ha explicado en el apartado 5.2.2.2. Triturado 6-19. En la *Figura 28* a continuación, se muestra el resultado al ensayo de Peso Específico.

		SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC) Registro 06 del procedimiento 001 del área de Laboratorio Reg.L.001.06.AF.00015																																									
		<b>DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN</b>																																									
MUESTRA L.001.01.	AF	FECHA ELABORACION	4-mar-2012	FECHA ENSAYO	4-mar-2013																																						
MATERIAL: TRITURADO 6-25																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ÁRIDO GRUESO</th> <th>Peso Seco (a estufa 110°C)</th> <th>Peso Saturado sup. Seca</th> <th>Peso sumergido</th> <th>Densidad relativa aparente <math>\bar{\alpha}</math></th> <th>Densidad relativa aparente saturada sup seca <math>\bar{\alpha}_{satura}</math></th> <th>Densidad relativa real <math>\bar{\alpha}_r</math></th> <th>Absorción Abs ( % )</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Retenido Tamiz N°4</td> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> <td>A/(B-C)</td> <td>B/(B-C)</td> <td>A/(A-C)</td> <td>(B-A)/A x 100</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1387,0</td> <td>1401,0</td> <td>897,0</td> <td>2,75</td> <td>2,78</td> <td><b>2,83</b></td> <td><b>1,0%</b></td> </tr> </tbody> </table>	ÁRIDO GRUESO	Peso Seco (a estufa 110°C)	Peso Saturado sup. Seca	Peso sumergido	Densidad relativa aparente $\bar{\alpha}$	Densidad relativa aparente saturada sup seca $\bar{\alpha}_{satura}$	Densidad relativa real $\bar{\alpha}_r$	Absorción Abs ( % )	Retenido Tamiz N°4	A	B	C	A/(B-C)	B/(B-C)	A/(A-C)	(B-A)/A x 100		1387,0	1401,0	897,0	2,75	2,78	<b>2,83</b>	<b>1,0%</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ÁRIDO FINO</th> <th>Peso de la muestra Set. Sup. Seca</th> <th>Peso matraz con agua atorado</th> <th>Peso del matraz + árido + agua atorado</th> <th>Peso de la muestra seca a estufa 110 °C</th> <th>Densidad relativa <math>\bar{\alpha}_r</math></th> <th>Absorción Abs ( % )</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pasante Tamiz #4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>					ÁRIDO FINO	Peso de la muestra Set. Sup. Seca	Peso matraz con agua atorado	Peso del matraz + árido + agua atorado	Peso de la muestra seca a estufa 110 °C	Densidad relativa $\bar{\alpha}_r$	Absorción Abs ( % )	Pasante Tamiz #4					-	-
ÁRIDO GRUESO	Peso Seco (a estufa 110°C)	Peso Saturado sup. Seca	Peso sumergido	Densidad relativa aparente $\bar{\alpha}$	Densidad relativa aparente saturada sup seca $\bar{\alpha}_{satura}$	Densidad relativa real $\bar{\alpha}_r$	Absorción Abs ( % )																																				
Retenido Tamiz N°4	A	B	C	A/(B-C)	B/(B-C)	A/(A-C)	(B-A)/A x 100																																				
	1387,0	1401,0	897,0	2,75	2,78	<b>2,83</b>	<b>1,0%</b>																																				
ÁRIDO FINO	Peso de la muestra Set. Sup. Seca	Peso matraz con agua atorado	Peso del matraz + árido + agua atorado	Peso de la muestra seca a estufa 110 °C	Densidad relativa $\bar{\alpha}_r$	Absorción Abs ( % )																																					
Pasante Tamiz #4					-	-																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>UBICACION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>           Extraído de: CANTERAS - NINGUNO - NINGUNO - NINGUNO Carril: NINGUNO prog: 0             R.P. A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA UNICA - CALZADA - Base Carril: NINGUNO prog: 0-32000         </td> </tr> </tbody> </table>						UBICACION	Extraído de: CANTERAS - NINGUNO - NINGUNO - NINGUNO Carril: NINGUNO prog: 0  R.P. A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA UNICA - CALZADA - Base Carril: NINGUNO prog: 0-32000																																				
UBICACION																																											
Extraído de: CANTERAS - NINGUNO - NINGUNO - NINGUNO Carril: NINGUNO prog: 0  R.P. A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA UNICA - CALZADA - Base Carril: NINGUNO prog: 0-32000																																											
PROVEEDOR: CANTERA AMADEO CONCEDEnte: DIRECCION PROVINCIAL DE VIAL LABORATORIO: VILLA RETIRO ENCARGADO ENSAYO: DANIEL DE LA RUBIA		OBSERVACIONES	DOSAJE A PRESENTAR EXPEDIENTE 4515378/10 - -																																								

Figura 28: Resultado del Ensayo de Peso Específico del Triturado 6-25

**ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

De los ensayos vistos en los puntos anteriores vemos que, en cuanto a la granulometría, el material adquirido cumple con su denominación, ya que la mayoría de los tamaños de partículas se encuentran entre 6 mm y 25 mm.

Para el ensayo Desgaste Los Ángeles, en el cual se mide su resistencia mecánica, se obtuvo un valor muy aceptable de 20.6 %, siendo el valor máximo establecido por pliego de 35%. Se puede adelantar que este valor es aceptable también para las capas de concreto asfáltico que tienen mayores solicitaciones y, por lo tanto, este material también será propuesto para su utilización en la Base Negra.

En cuanto a los ensayos de forma, el pliego exige una Cubicidad mayor a 0.5, por lo cual el material en estudio la cumple ya que su valor es de 0.95; en cuanto a las exigencias para los ensayos de Lajosidad y Elongación, si bien el pliego no especifica valores, exige la realización de dichos ensayos, ya sea por el contratista o por la cantera mediante el protocolo de la misma.

### 5.3. CEMENTOS

El cemento a emplear será de tipo Cemento Portland Normal. Este se lo utilizará para la preparación de hormigón elaborado para la ejecución de alcantarillas, pavimento rígido y para confeccionar el Suelo-Cemento.

El cemento que se utiliza, llega a la empresa a de granel, donde se lo almacena en las tolvas de las distintas plantas, ya sea la planta de hormigón elaborado o la planta de suelo-cemento.

Los hormigones que se producen en la planta de hormigón son: H30 que se lo utiliza para la construcción de pavimento rígido, con una resistencia característica de  $300 \text{ Kg/cm}^2$  y H21 que se utiliza para las alcantarillas y sifones. Para el este hormigón se utiliza el correspondiente al Grupo Holcim.

En los ensayos de laboratorio se ha determinado que los hormigones elaborados con cemento de Loma Negra, sufren menos retracción por fragüe y obtienen mejores resistencias que los de otra marca. El producto Loma Negra se utiliza para calzadas donde los requerimientos de resistencia a la compresión simple son mayores.

#### CONDICIONES A CUMPLIR

Los hormigones elaborados que se compran aseguran el nivel de calidad requerido, el cual es garantizado por el fabricante mediante el Protocolo de Calidad.

Dicho protocolo nos brinda las propiedades físicas, relacionados con las retracciones por fragüe y granulometría; los ensayos químicos, que plantean las proporciones de los distintos Óxidos en la composición y los correspondientes a los ensayos a la compresión simple.

En la página siguiente se muestra un protocolo de calidad del proveedor de Holcim. (*Figura 29*)

#### ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El protocolo de calidad asegura por parte del proveedor que el material entregado cumpla con las exigencias y los estándares requeridos. Queda para el contratista hacer los contra-ensayos correspondientes para asegurarse que el proveedor realmente provea el material.

Centro Tecnológico



Holcim (Argentina)  
 Casilla de Correo 16  
 X5101ACE – Malagueño  
 Córdoba – Argentina  
 Tel. / Fax +54 351 498 1987

miguel.guzman@holcim.com  
 www.holcim.com.ar  
 Tel/Fax: 0800 777 6463

<b>Protocolo de ensayos físicos, químicos y mecánicos del producto:</b> <b>Cemento Portland Compuesto CPC40 granel ("Filler Calcáreo" / Escoria)</b>		<b>Planta de origen:</b> <b>Malagueño, Córdoba</b>	
		<b>Norma IRAM 50000</b>	
Emisor: Centro Tecnológico	Fecha de reporte: 03-03-13	Período de análisis 03-02-13 al 03-03-13	

Análisis químicos	Unidad	Valor medio	Requisitos IRAM 50000
Trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> ) (IRAM 1504)	%	3,12	≤ 3,50
Perdida por calcinación (IRAM 1504)	%	4,51	≤ 14,5

Ensayos físicos	Unidad	Valor medio	Requisitos IRAM 50000
Retenido tamiz 75μ (IRAM 1621)	%	2,11	≤ 15,00
Superficie específica Blaine (IRAM 1623)	m <sup>2</sup> /kg	354	≥ 250
Expansión en autoclave (IRAM 1620)	%	0,10	≤ 0,80
Tiempo de fraguado inicial (IRAM 1619)	minutos	190	≥ 60
Contracción por secado 28 días (IRAM 1651-2)	%	-0,07	≤ 0,15

Ensayos mecánicos	Unidad	Valor medio	Coeficiente de variación (%)	Requisitos IRAM 50000
Resistencia a la compresión (IRAM 1622)	2días	MPa	27,1	≥ 10
	28días	MPa	50,2	≥ 40 y ≤ 60

1. La información suministrada en el presente documento corresponde al promedio de los resultados de ensayos del cemento despachado en el período indicado.
2. La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al promedio de ensayos del período anterior.

Planta Malagueño tiene certificado por BVC su Sistema de Gestión de la Calidad bajo ISO 9001: 2008.




---

Arq. Miguel Guzmán  
 Asesor Técnico  
 Holcim (Argentina), Planta Malagueño

**Figura 29: Protocolo de Calidad Holcim**

## 5.4. CALES

La cal que se utiliza es cal hidratada de la firma San Juan, fraccionadas en bolsones a granel y despachados directamente en los tramos, distribuidos según el tenor correspondiente. Esta marca comercial ha sido usada con anterioridad por la empresa, no habiendo tenido inconvenientes hasta el momento. El fabricante garantiza el cumplimiento de la Norma IRAM 1626, lo cual es exigido por el pliego.

El material a utilizar deberá estar libre de grumos o materias extrañas y no presentar alteraciones de su capacidad reactiva, debiendo acopiarse adecuadamente.

La Cal Hidratada contendrá un porcentaje de OCa + OMg mayor o igual al 65%. En el supuesto caso de que el porcentaje de óxido de calcio o el de la suma de óxidos aludidos sea superior al especificado, el Contratista deberá respetar el porcentaje de cal hidratada a incorporar sin derecho a exigir el pago de la diferencia en el pago del ítem. Por el contrario, cuando el porcentaje de OCa o la suma porcentual de los óxidos sea inferior a la establecida, se compensará la diferencia agregando más cal.

Para el cálculo de la cal a incorporar, se tendrá en cuenta el porcentaje de cal especificado (4%) en el proyecto en el cual se han supuesto los siguientes porcentajes:

Suelo Seleccionado: 96 %

Cal Hidratada: 4 %

### CONDICIONES A CUMPLIR

La calidad de la cal, será valorada mediante el ensayo de cal útil vial (C.U.V.), según la norma correspondiente (Cal útil Vial - Anexo C). Deberá cumplir además las normas IRAM 1626 y 1508.

#### ENSAYO CAL UTIL VIAL

##### **EQUIPO:**

- Medidor de pH. Sensibilidad de la escala  $0,1 \pm 0,05$ .
- Electrodo de vidrios.
- Agitador magnético o en su defecto varilla de vidrio.
- Probetas de 100 ml.
- Soluciones HCL. Y NaOH 1.0 N (uno Normal)
- Balanza con precisión de 0.05 gr. De ser posible se utilizara una balanza de precisión de 0.01 gr.
- Vaso de precipitación de 400 ml.
- 

##### **PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**

*Se toma aproximadamente 2 Kg de cal a ensayar, que se obtiene de la parte Central mediante cuarto. Se coloca en un recipiente hermético, se mezclan y se homogenizan perfectamente mediante agitado, durante 2 minutos. Las cantidades que se extraerán del recipiente para cada determinación posterior se obtendrá cerrándolo en cada oportunidad cuidadosamente, para hacer mínima la contaminación atmosférica.*

### ANÁLISIS DE LOS DIVERSOS COMPUESTOS ALCALINOS DE LA MUESTRA

**a)** Se mezclan 3 gr. de cal de la porción previamente preparada. El peso así determinado se transfiere a un vaso de precipitación de 400 ml. Se agregan lentamente 150 ml. de agua destilada con agitación mecánica o preferentemente magnética si se dispone de este instrumental. Se comienza la titulación con HCl 1.0 N, utilizando potenciómetros con electrodos de vidrio. Hasta alcanzar pH =9, agregar el ácido por goteo rápido al principio (aproximadamente 12 ml por minuto) y luego moderadamente. Al llegar a pH =9 esperar un minuto y registrar la lectura. Después de obtener un momentáneo pH =9 o inferior continuar con la titulación agregando más solución al ritmo de aproximadamente 0.1 ml., esperar medio minuto y registrar la lectura; así sucesivamente hasta llegar a pH =7 que se mantenga durante 60 segundos. Este punto final debe tomarse como aquel en que la adición de una o dos gotas de solución producen un pH levemente inferior a 7 al cabo de 60 segundos de agregado. Anotar el consumo total de ácido hasta pH igual a 7.

**b)** Cuando se alcanza el valor de pH =7 agregar por goteo rápido la solución de HCl 1.0 N hasta pH =2, esperar un minuto y si la lectura no cambia anotar el consumo total acumulado hasta pH =2. La muestra en el vaso de precipitación en este instante, debe considerarse conteniendo un "exceso de ácido".

Titular la mezcla más el "exceso" con solución de hidróxido de sodio aproximadamente 1.0 N hasta un retorno pH =7. Registrar el consumo de álcali para obtener pH =7. Siendo "n" la cantidad total de mililitros de solución HCl hasta pH = 7, "m" el total acumulado hasta pH =2 y "l" la cantidad de solución base para el retorno de pH =7, se tiene para un peso de muestra de 3 gr.

$$Ca(OH)_2 = \frac{0.037 \times n \times N1 \times 100\%}{3} =$$

(C.U.V. expresado en hidróxido de calcio)

$$CaCO_3 \frac{0.050 \times [(m - n)(N1 - N2)]}{3} \times 100 =$$

(Materia inerte expresada como carbonatos)

N1, N2 normalidades de las soluciones ácida y básica, respectivamente.

A continuación se muestra un resultado del ensayo de Cal Util Vial sobre una muestra que fue utilizada en el tramo. (Figura 30)

Empresa: DECAVIAL S.A.I.C.A.C. Obra: RUTA PROV. N° 3 Tramo: GARABATO - COLMENA		
<b>ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE CAL UTIL VIAL</b>		
<b>MATERIAL:</b> Cal en bolsas <b>MARCA:</b>	<b>Fecha:</b> <b>PK inicial:</b> <b>PK final:</b>	
<b>Normalidades de las soluciones:</b> N1 (Acido Clorhídrico): 1,00		
<b>Medición de la incorporación del Acido Clorhídrico:</b> n = ml para bajar el pH hasta 7 = 58 ml <b>FACTOR :</b> 1,39		
<b>- Determinación de Cal Util Vial (como Hidróxido de Calcio):</b>  $CA(OH)_2 = \frac{0.037 \times n \times N1 \times 100\%}{3} = \frac{0.037 \times 058 \times 001 \times 100\%}{3} = 71,8 \%$		

Figura 30: Resultado del Ensayo de Cal Útil Vial

## ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En un comienzo se había comenzado a trabajar con un proveedor de la región, debido a los tiempos y coordinación que requiere de trabajar con proveedores de otras provincias. En los ensayos de rutina que se realizan sobre los productos, en este caso el ensayo de Cal Útil Vial, se dio con que no cumplían con las exigencias. El porcentaje requerido de cal activa debía ser superior del 65 %.

El procedimiento que se realizó a continuación fue realizar un muestreo de los bolsones debido a la dificultad de realizar el ensayo sobre todos los bolsones que se encontraban despachados. Se detectó que los valores arrojados en el ensayo tenía una similitud en cuanto al color de la cal. Se notó que las muestras que no cumplían con el porcentaje requerido tenían un tono más oscuro.

Se identificaron los bolsones en función del color y se devolvieron los bolsones. Luego se retomó el proveedor original de San Juan.

### 5.5. ACEROS

El acero no es un elemento que se utiliza de manera masiva. El acero participa en la estructura de las alcantarillas para resistir los esfuerzos de tracción y como elemento de unión en las losas de pavimentos rígidos.

Los aceros son provistos por ACINDAR. A los efectos del cómputo y medición del acero utilizado en la obra, se calculara el peso teniendo en cuenta los siguientes valores:

DIAMETRO [mm]	PESO [Kg/m]
4,2	0,109
6	0,222
8	0,935
10	0,617
12	0,888
14	1,208
16	1,578
20	2,466
25	3,853

Todos los materiales que son entregados en obra son acompañados con una identificación del material, del tipo de calidad, del cliente y un sistema de códigos los cuales hacen más simple el seguimiento de los mismos. A continuación se muestra una chapa de identificación (Figura 31). Es de notar que vienen certificados mediante calidad Norma IRAM.



Figura 31: Protocolo de Calidad Acero

## CONDICIONES A CUMPLIR

Los aceros a utilizar en forma de barras o mallas, responderán a las normas IRAM I.A.S. correspondientes a cada uno de ellos:

*Pasadores:* Serán barras de acero de sección circular lisas, laminadas en caliente con las características especificadas en la Norma IRAM y de dimensiones indicadas en la Especificación Particular. En las juntas de dilatación uno de los extremos del pasador estará cubierto con un manguito de diámetro algo mayor que el de la barra del pasador y de una longitud de 10 a 12 cm, obturado en su extremo, permitiendo al pasador una carrera mínima de 2 cm. El manguito podrá ser de cualquier material no putrescible ni perjudicial para el hormigón, y que pueda, además, resistir adecuadamente los efectos derivados de compactación y vibrado del hormigón al ser colocado.

Los pasadores se colocarán de manera tal que resulten longitudinalmente paralelos al eje y a la rasante de la calzada con la separación y altura indicada en Especificación Particular o en planos tipo.

Previo a la colocación del hormigón, una mitad del pasador será engrasada o previamente pintada de modo tal que impida la adherencia entre el hormigón y el acero con el objeto de permitir el libre movimiento horizontal de las losas contiguas, en los casos de dilatación o contracción.

*Barras de unión:* Estarán constituidas por barras de acero conformadas, laminadas en caliente. Tipo de aceros ADN-420 y ADM-420. Deben estar libres de grasa y suciedades que impidan o disminuyan su adherencia con el hormigón. Las barras de unión se colocaran con la separación y dimensiones indicadas en la Especificación Particular.

*Armaduras:* Estará constituida por barras o mallas de acero de tipo aceros ADN-420, ADM- 420 y AM- 500, que cumplan con los requisitos establecidos en las normas IRAM. La armadura distribuida se colocara en el espacio comprendido entre el medio del espesor de las losas y 5 cm por debajo de la superficie expuesta.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El protocolo de calidad asegura por parte del proveedor que el material entregado cumpla con las exigencias y los estándares requeridos. Queda para el contratista hacer los contra-ensayos correspondientes para asegurarse que el proveedor realmente provea el material.

## 5.6. CEMENTOS ASFALTICOS

El asfalto es un material ligante de color marrón oscuro a negro, constituido principalmente por betunes que pueden ser naturales u obtenidos por refinación del petróleo. El asfalto se presenta en proporciones variables en la mayoría de los petróleos crudos. El petróleo crudo, extraído de los pozos, es separado en sus constituyentes o fracciones en una refinería. Principalmente esta separación es llevada a cabo por destilación. Después de la separación, los constituyentes son refinados más cuidadosamente o procesados en productos que cumplan requerimientos específicos. De esta manera es como el asfalto, parafina, nafta, aceites lubricantes y otros productos útiles de alta calidad se obtienen en una refinería de petróleo, dependiendo de la naturaleza del crudo que está siendo procesado. Debido a que el asfalto es la base o el constituyente pesado del petróleo crudo, no se evapora o hierve cuando es destilado. En consecuencia, el asfalto es obtenido como residuo o producto residual.

El asfalto de petróleo para uso en pavimentos es comúnmente llamado asfalto de pavimentación o cemento asfáltico para distinguirlo del asfalto hecho para otros usos, como ser con propósitos industriales o para techados.

Los cementos asfáltico que son utilizados para realizar la mezcla asfáltica son de procedencia principalmente de YPF. El cemento a utilizar es de tipo CA-30. Esta denominación viene establecida según la clasificación de los asfaltos en función de la viscosidad, que equivale a un asfalto 50-60 clasificado por penetración.

Los asfaltos adquiridos por la empresa son clasificados por viscosidad y no por penetración. El asfalto es sometido a un único ensayo que consiste en medir su viscosidad a diferentes temperaturas y con esto, verificar su comportamiento para saber si cumple con las características del producto adquirido. Este ensayo nos permite realizar su curva de susceptibilidad que nos indica la propensión que presenta el asfalto a variar ciertas propiedades reológicas -especialmente la viscosidad- con la temperatura y determinar cuáles son las temperaturas óptimas de compactación y mezclado.

La existencia de diferentes asfaltos convencionales dados en la norma IRAM 6845 tiene que ver con las distintas temperaturas de servicio a la que va a estar sometido el asfalto durante su vida útil, es decir, en climas fríos conviene pavimentos más blandos y en climas cálidos conviene asfaltos más duros.

De acuerdo a la experiencia previa en obras anteriores, los asfaltos CA-30 han tenido un buen comportamiento.

A continuación, en la *Figura 32*, se muestra la clasificación de los asfaltos en función de las viscosidades a las distintas temperaturas y otros parámetros característicos.

Característica	Unidad	Clase de asfalto										Método de ensayo
		CA-5		CA-10		CA-20		CA-30		CA-40		
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	
Viscosidad a 60 °C <sup>(1)</sup>	dPa s	400	800	800	1600	1600	2400	2400	3600	3600	4800	IRAM 6836 ó IRAM 6837
Viscosidad a 135 °C <sup>(1)</sup>	mPa s	175	-	250	-	300	-	350	-	400	-	IRAM 6836 ó IRAM 6837
Índice de Penetración de Pfeiffer <sup>(2)</sup>	-	-1,5	+0,5	-1,5	+0,5	-1,5	+0,5	-1,5	+0,5	-1,5	+0,5	5.1
Ensayo de Oliensis	-	Negativo										IRAM 6594
Solubilidad en tricloroetileno	g/100 g	99	-	99	-	99	-	99	-	99	-	5.2
Punto de inflam. Cleveland vaso abierto	°C	230	-	230	-	230	-	230	-	230	-	IRAM IAP A 6555
<b>Ensayo sobre el residuo de pérdida por calentamiento – RTFOT</b>											IRAM 6839	
Índice de durabilidad <sup>(3)</sup>	-	-	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	-	3,0	5.3
Ductilidad del residuo a 25 °C, 5 cm/min	cm	100	-	75	-	50	-	50	-	25	-	IRAM 6579

Figura 32: Clasificación de acuerdo con la viscosidad a 60°C

El producto viene acompañado con un protocolo de calidad, el cual certifica la calidad y establece una serie de recomendaciones.

En la página siguiente, en la *Figura 33*, se muestra un protocolo de calidad de Asfalto Asfasol 30 de proveedor YPF. Además de mostrar los parámetros característicos del mismo, también no da una serie de recomendaciones de temperaturas para la elaboración y compactación.

### CONDICIONES A CUMPLIR

Se ensaya a todos los equipos que ingresan a la planta las viscosidades rotacionales, y que los resultados se encuentren en los intervalos de aceptación. En caso contrario dicho equipo es rechazado.

El asfalto debe ser homogéneo, libre de agua, y no formar espuma cuando se lo caliente a 175 °C.

Se le hace el ensayo de Viscosidad Rotacional Brookfield, para determinar la viscosidad y determinar las temperaturas óptimas.



YPF S.A.  
YPF Terminal La Plata

Pag 1 de 1

**CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD**

Denominación comercial Producto:	<b>Asfasol 30 (*)</b>	
(*) Corresponde al Tipo CA-30 de Iram 6835	N° de Lote:	<b>3F2X453</b>
Fecha de elaboración: <b>30/06/2013</b>	Fecha de Despacho:	<b>02/07/2013</b>

Ensayos	Unid.	Norma IRAM	Valor	Valores limites	
				Min.	Máx.
<b>Ensayos sobre el cemento asfáltico</b>					
Punto de ablandamiento	°C	6841	49,0	--	--
Viscosidad a 60°C (1)	dPa.seg	6837	2960	2400	3600
Indice de penetración	--	6604	-1,2	-1,5	0,5

**Rangos de temperaturas recomendadas**

Elaboración de la mezcla: **155 a 160 °C.**  
 Aplicación y compactación: **145 a 150 °C.**  
 Temperatura máxima de calentamiento en planta: **170 °C.** En ningún caso la llama del quemador deberá incidir directamente sobre el ligante asfáltico.

**NOTA:**

Los certificados de calibración de los equipo están disponibles en el Laboratorio  
 Los resultados de los ensayos han sido obtenidos sobre una muestra representativa de la partida de referencia y deben ser considerados bajo los entornos de reproducibilidad correspondientes a la metodología de ensayo.  
 Certificado emitido electrónicamente y respaldado por Control de Calidad de asfaltos  
 La contramuestra se archivará en este Laboratorio durante 15 días corridos

**Figura 33: Protocolo de Calidad de Asfalto**

**ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD MEDIANTE UN VISCOSÍMETRO ROTACIONAL IRAM (6837)**

*Esta norma describe el procedimiento para la medición de la viscosidad aparente del asfalto en un ámbito e temperatura entere los 38°C y 200°C, empleando un viscosímetro rotacional con cámara termostatzada, de tipo Brookfield Thermosel o características similares.*

*Este procedimiento se emplea para la determinación de la viscosidad aparente de asfaltos a una temperatura especificada o a distintas temperaturas. El procedimiento consiste en medir la resistencia que opone el fluido el fluido al movimiento del rotor. Para determinar la viscosidad el asfalto (en milipascales segundos) se multiplica un factor a la lectura del Indicador.*

**DEFINICIONES:**

*Viscosidad aparente: Relación entre el esfuerzo aplicado y la velocidad de cizallamiento de un líquido newtoniano o no-newtoniano.*

*Líquido newtoniano: líquido cuya viscosidad de cizallamiento es proporcional al esfuerzo aplicado. La relación constante entre el esfuerzo y la velocidad de cizallamiento es la viscosidad del líquido. Si la relación no es constante, el líquido es no-newtoniano. Algunos líquidos exhiben ambos comportamientos, newtoniano y -newtoniano, dependiendo de la velocidad de cizallamiento.*

*Viscosidad: la relación entre el esfuerzo aplicado y la velocidad de cizallamiento se denomina coeficiente de viscosidad- este coeficiente es una medida de la resistencia al flujo del fluido, comúnmente llamado viscosidad. La unidad SI de viscosidad es el pascal segundo.*

**APARATOS:**

- Sistema de medición de viscosidad, tipo Brookfield Thermosel o de características similares.
- Rotores para el viscosímetro rotacional.
- Sistema de cámara de temperatura controlada

**PROCEDIMIENTO:**

*Antes de comenzar con el ensayo se debe encender la cámara termostatazada. Se fija el controlador proporcional a la temperatura del ensayo. Se sugiere que en el caso de determinar la viscosidad de asfaltos convencionales, la temperatura de operación se encuentre entre 60°C y 170°C, mientras que para asfaltos modificados, se sugiere que la temperatura de operación sea mayor que 130° C.*

*Se retira de la cámara el recipiente para la muestra y se agrega el volumen de asfalto necesario de asfalto, según el rotor seleccionado previamente homogeneizado por agitación. Se deben extremar las precauciones para evitar el sobrecalentamiento de la muestra y evitar ignición en caso de punto de inflamación bajo. No se debe agregar muestra en exceso al recipiente para la muestra. El volumen de la muestra es crítico para lograr la medición del sistema. El nivel del líquido debe interceptar al rotor a 3.2 mm por sobre la parte superior de la interface "cuerpo cónico" - "rotor". Usando la herramienta de extracción, se coloca la cámara cargada nuevamente dentro del recipiente térmico.*

*Se enciende el quipo y se ajusta a cero. Se espera obtener la temperatura de equilibrio con el rotor seleccionado en la cámara. Se introduce el rotor seleccionado en el líquido de la cámara y se ajusta al viscosímetro. Se deja que el asfalto con el rotor sumergido alcance la temperatura de equilibrio.*

*En razón de que los asfaltos a ciertas temperaturas puedan presentar un tipo de comportamiento no-newtoniano, se realizan determinaciones de viscosidades a 4 distintas velocidades de rotación (velocidades de cizallamientos) diferentes. Se fija una determinada velocidad de rotación del motor. Se enciende el aparato y se realiza la lectura de la viscosidad a los 30 s.*

*Se verifica que el torque producido se encuentre dentro del ambito aceptable, es decir, que la lectura se encuentre entre 2 unidades y 98 unidades, para viscosidades digitales, o entre 2% o 98% del torque, para viscosidades analógicos. Si se cumple esto, se registra la lectura y la correspondiente velocidad de cizallamiento. Se detiene el motor. A continuación se cambia la velocidad y se procede de la misma forma que se indicó en el apartado anterior. Se repite el procedimiento indicado hasta obtener 4 lecturas a 4 velocidades de rotación distintas.*

*Si se requiere, se repite el procedimiento descrito para cada temperatura deseada. Para obtener la viscosidad se multiplica la lectura del viscosímetro por el factor de viscosidad apropiado.*

En la *Figura 34*, se observa un informe de un ensayo de viscosidad por medio del Viscosímetro de Brookfield. Se puede observar claramente que la viscosidad resultante entra en el intervalo de un asfalto CA-30.

Rheocalc V3.1-1		Brookfield Engineering Labs							
Arch: C:\DOCUMENTS AND SETTINGS\ADMINISTRADOR\ESCRITORIO\PROGRAMA VISCOSIDAD\REG01.6342									
Fecha: 03/06/2013		Hora: 10:51:21 a.m.		Tipo: RV		Husillo: SC4-29			
Muestra: 6115									
#	Viscosidad (cP)	Veloc. (RPM)	% Par Esf. Cortante (%)	Esf. Cortante (D/cm <sup>2</sup> )	G. Velocidad (1/seg)	Temperatura (°C)	Bath (°C)	Intervalo (mm:ss.t)	
1	350000,00	1,00	35,0	875,00	0,25	59,8	EEEE	00:37:50,4	
2	348666,67	1,50	52,3	1307,50	0,38	59,8	EEEE	00:03:10,3	
3	348095,24	2,10	73,1	1827,50	0,53	59,8	EEEE	00:03:10,2	
4	347600,00	2,50	86,9	2172,50	0,63	59,8	EEEE	00:03:10,3	
Notas:									

Figura 34: Resultado del Ensayo de Viscosidad Brookfield

Se procede a realizar el ensayo a cinco diferentes temperaturas, cambiando para cada caso el spin y el volumen de asfalto. El resultado esta esquematizado en la Figura 35.

Temp de Ensayo = 60°C Spin N°29			Temp de Ensayo = 145°C Spin N°21		
Velocidad	Viscosidad	Torque	Velocidad	Viscosidad	Torque
rpm	Poise	%	rpm	Poise	%
1,00	2950	20	20,00	3,3	13
1,50	2920	52	30,00	3,31	19
2,00	2895	67	40,00	3,31	26
2,20	2925	73,4	50,00	3,33	33
Promedio	2923		Promedio	3,3	
Temp de Ensayo = 100°C Spin N°29			Temp de Ensayo = 155°C Spin N°21		
Velocidad	Viscosidad	Torque	Velocidad	Viscosidad	Torque
rpm	Poise	%	rpm	Poise	%
6,00	50,3	3,4	20,00	2,12	8
20,00	50,2	10,8	30,00	2,13	13
40,00	50,0	20,1	40,00	2,13	17
50,00	50,0	31	50,00	2,13	20
Promedio	50,1		Promedio	2,1	
Temp de Ensayo = 135°C Spin N°21			Temp de Ensayo = 170°C Spin N°21		
Velocidad	Viscosidad	Torque	Velocidad	Viscosidad	Torque
rpm	Poise	%	rpm	Poise	%
15,00	5,26	18	20,00	1,2	4,8
20,00	5,24	22	30,00	1,2	7,2
25,00	5,25	27	40,00	1,2	9,6
30,00	5,25	33	50,00	1,2	12,1
Promedio	5,25		Promedio	1,2	

Figura 35: Ensayo de susceptibilidad térmica Asfalto CA-30

Con los resultados obtenidos de los ensayos de viscosidad a seis temperaturas diferentes 60 °C, 100 °C, 135 °C, 145 °C, 155 °C y 170 °C se grafica la curva de susceptibilidad térmica. En la Figura 36 se muestra la tabla de la susceptibilidad térmica.

Con este ensayo se puede ver la susceptibilidad térmica para observar cómo varía la viscosidad de asfalto con la temperatura y mediante el siguiente gráfico se pueden obtener las temperaturas óptimas de compactación y mezclado definidas anteriormente, en este caso la temperatura de mezclado es 158°C y la de compactación 147°C. Esto se ve reflejado en la siguiente Figura 36.

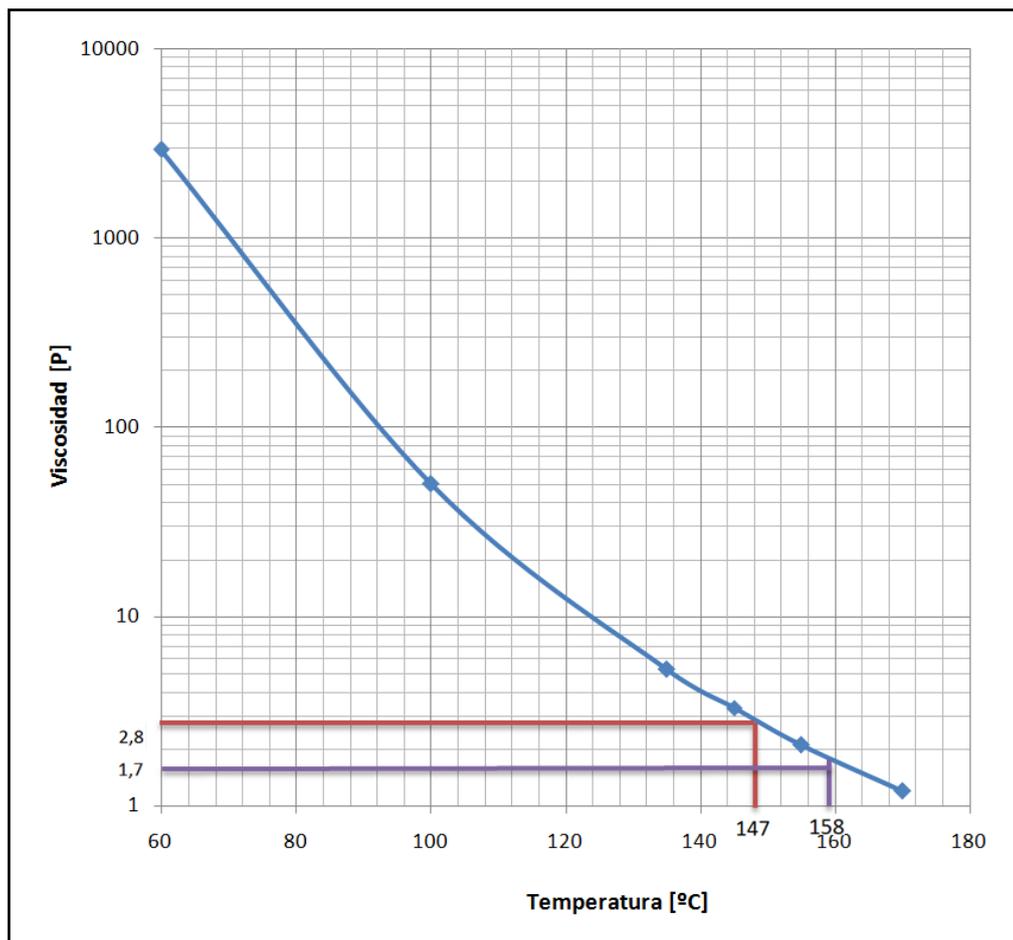


Figura 36: Gráfico de susceptibilidad térmica Asfalto CA-30

### ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Del estudio anterior, podemos decir que: el asfalto cumple con las características del producto adquirido, la temperatura óptima de mezclado se encuentra en el rango de temperaturas recomendadas, mientras que la de compactación coincide con el protocolo.

Además se realizó un ensayo de punto de ablandamiento y determinación de la penetración utilizando un penetrómetro de aguja, simplemente a modo de experiencia, ya que no es parte del control este método de identificación de Asfalto.

#### ENSAYO DE PUNTO DE ABLANDAMIENTO (IRAM 6841)

*Esta norma establece el método para determinar el punto de ablandamiento de asfaltos, alquitranes, resinas, masa aislante y materiales similares, empleando el método del anillo y la esfera.*

#### **OBJETIVO:**

*El método consiste en el empleo de anillos de bronce que se llenan con el material fundido, luego de lo cual se lo deja enfriar hasta que solidifique.*

*Seguidamente se introducen los anillos con la muestra, en una posición especificada, dentro de un baño de agua o de glicerina a temperaturas determinadas; se colocan sendas*

esferas de acero sobre el material en ensayo, en el centro del anillo y se incrementa la temperatura a una velocidad preestablecida.

Se considera como punto de ablandamiento la temperatura a la cual el material de los anillos se ablanda lo suficiente para permitir que cada esfera impregnada en bitumen caiga y toque la chapa de bronce colocada debajo.

#### **EQUIPOS:**

- Anillos
- Chapa de Bronce
- Dos esferas
- Dos guías para centrar la esfera
- Vaso de vidrio para el baño
- Soporte para los anillos
- Termómetro
- Estufa

*Aclaración: Todos los elementos tienen dimensiones y pesos normalizados*

#### **PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO:**

Antes de llenar los anillos, estos se deben calentar a una temperatura próxima a la que tenga el producto que se ha de verter en ellos y mientras se llenan deben reposar sobre un material no absorbente. La cantidad de producto que se coloca en los anillos debe ser tal que quede exceso en los anillos, que debe eliminarse enrasando con una espátula ligeramente calentada.

Se llena el vaso de precipitación hasta una altura de 100 mm a 110 mm, medidos a partir del fondo del vaso con:

- a) agua destilada recientemente hervida, llevada a 5 °C, cuando se ensayen productos con punto de ablandamiento menor o igual a 80 °C;
- b) glicerina, a 32 °C, cuando se ensayen productos con punto de ablandamiento mayor que 80 °C.

Se disponen los elementos con los anillos en posición horizontal, de manera que la distancia de la chapa de bronce a la parte inferior del vaso, luego de colocado el dispositivo en posición de ensayo, esté entre 12 mm y 20 mm inclusive, y que la distancia de la parte inferior del anillo a dicha chapa sea de 25 mm. Además se coloca el termómetro dentro del orificio destinado a ese fin, de manera que la parte inferior del bulbo esté a la misma altura que el fondo del anillo.

Se coloca el dispositivo en el vaso; se mantiene la temperatura inicial durante 15 min; se levanta parcialmente el dispositivo a fin de colocar la esfera en el centro de la superficie del material contenido en el anillo, centrándola con la guía y se vuelve a su posición, y posteriormente se calienta uniforme y gradualmente, evitando corrientes de aire, de manera que la temperatura del baño aumente  $5\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$  por minuto.

Debe desecharse toda determinación en la cual la velocidad de aumento de temperatura sea distinta a la estipulada. Se determina para cada esfera, la temperatura correspondiente al instante en que el material que impregna a la esfera toca el soporte. Dicha temperatura se considera como el punto de ablandamiento, sin efectuar correcciones por efectos de la columna emergente.

#### **DETERMINACIÓN DE LA PENETRACIÓN UTILIZANDO UN PENETRÓMETRO DE AGUJA (IRAM 6576)**

Esta norma establece el procedimiento para determinar la penetración de asfaltos semisólidos y sólidos con un penetrómetro de aguja. El ensayo de penetración da una medida de la consistencia de los asfaltos. Si se comparan distintos valores de penetración, los valores mayores indican una consistencia más blanda.

**OBJETIVO:**

Consiste en calentar un recipiente con cemento asfáltico hasta la temperatura de referencia, 25°C (77°F), en un baño de agua a temperatura controlada. Se apoya una aguja normalizada, de 100 g de peso sobre la superficie del cemento asfáltico durante 5 segundos. La medida de la penetración es la longitud que penetró la aguja en el cemento asfáltico en unidades de 0,1 mm.

**EQUIPOS:**

- Anillos
- Termómetros
- Cubeta de ensayo,
- Penetrómetro
- Aguja de penetración
- Juego de pesas de 50g  $\pm 0.05g$
- Recipientes para muestras
- Cronómetro cualquier o dispositivo graduado al 0,1 s como mínimo
- Baño de agua con una capacidad de mínimo 10 L.

**PREPARACION DE LA MUESTRA:**

Se calienta la muestra cuidadosamente en una estufa, a la menos temperatura posible que permita verterla sin dificultades en el recipiente para la muestra. Se preparan cuatro porciones de la muestra. Sobre dos muestras se realizan los ensayos y los otros dos se reservan para repetir el ensayo eventualmente.. Se vierten en un recipiente de volumen tal, que el espesor de la muestra sea, como mínimo 10 mm mayor al valor de penetración esperado. Se deja enfriar durante 60 a 90 min.

**PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO:**

Se examina el sistema portante de la aguja y de la guía, verificando la ausencia de agua y otras materias extrañas, que podrían impedir el normal movimiento de éste.

Se selecciona la aguja teniendo en cuenta que si se espera que la muestra tenga una penetración mayor que 350 unidades, se utilice una aguja larga, mientras que para otros valores se debe usar una aguja estándar. Se limpia la aguja de penetración con un paño mojado en tolueno o cualquier otro solvente adecuado, luego con un paño limpio y seco, y se inserta en el penetrómetro.

El ensayo se lleva a cabo por duplicado. Las determinaciones se pueden efectuar con el penetrómetro dentro del baño o fuera de él.

Si los ensayos se realizan en el baño, se coloca el penetrómetro sobre el soporte del baño, de manera que el recipiente para la muestra ubicado sobre la plataforma del penetrómetro quede totalmente cubierto por el agua del baño.

Si el ensayo se realiza con el penetrómetro fuera del baño, se coloca los recipientes en las cubetas, se cubren los recipientes completamente con agua del baño de temperatura constante y se colocan las cubetas sobre la plataforma del penetrómetro. Se carga el penetrómetro con la masa especificada y se ajusta la posición de la aguja, bajándola lentamente hasta que haga contacto con la superficie de la muestra. Una forma de lograrlo es haciendo coincidir la punta de la aguja con su imagen reflejada en la superficie de la muestra cuando se ilumina con una lámpara auxiliar convenientemente colocada.

Se lee la indicación de la aguja sobre el cuadrante o se lleva a cero. Simultáneamente se pone en funcionamiento el dispositivo de medición de tiempo, y se libra el sistema portante de la aguja de penetración durante el tiempo especificado. Se registra la profundidad de penetración en décimos de milímetro (0,1 mm). Si el recipiente para muestra se mueve, se descarta el resultado y se repite la determinación sobre la misma muestra. Luego de cada determinación, se limpia la aguja.

En el caso de realizar el ensayo con la cubeta fuera del baño, después de cada determinación, se sumerge la cubeta conteniendo al recipiente para la muestra en el baño, y se mantiene allí mientras se realizan las operaciones previas a la determinación siguiente. Se emplea una aguja limpia para cada determinación. Se efectúan, como mínimo, tres determinaciones sobre cada una de las muestras en puntos situados a 10 mm del borde del recipiente, como mínimo, y separados entre sí a una distancia mínima de 10 mm.

A continuación *Figura 37* se muestran los resultados de un ensayo de punto de ablandamiento y determinación de la penetración utilizando un penetrómetro de aguja.

El ensayo se realizó sobre un asfalto de tipo 70/100, ya que en el momento de realizar el ensayo, en la empresa no se contaba con Asfalto de tipo CA30.

SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	
REG. L.001.24- N° 3	
PENETRACIÓN Y PUNTO DE ABLANDAMIENTO	
N° MUESTRA	01.AF.00114
FECHA	16/05/2013
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	Material: 70/100
A - TAREA PREVIA Preparación de las pastillas e inmersión durante 15 m. a 5° C .-	
B - ENSAYO DE TIEMPO - TEMPERATURA	
TIEMPO ( minutos)	TEMPERATURA ( ° C )
1	5,2 °C
2	7,2 °C
3	11,3 °C
4	17,6 °C
5	23,5 °C
6	31,1 °C
7	36,4 °C
8	42,4 °C
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
PUNTO DE ABLANDAMIENTO =	45,7 °C
PENETRACION (100grs-5seg) =	73 ....1/10 mm
Indice de Penetración =	-1,5 Min -1,5 - Máx 0,5
Viscosidad a 170°C -	2,3 Poisse
Recuperación Torsional	Lectura inicial _____ Lectura final _____
Recuperación	

Figura 37: Resultado del Ensayo de Punto de Ablandamiento y Penetracion

## 5.7. AGUA

En los distintos procesos, como la ejecución del Suelo-Cemento, Suelo-Cal, capas granulares, u hormigón se utiliza agua. Las cantidades de agua que se utilizan son enormes, es por eso que la conexión de agua potable que brinda Aguas Cordobesas es insuficiente.

El agua que se utiliza proviene de un perforación profunda que tiene la empresa en el predio. Dicha perforación tiene 158 m y es de excelente calidad.

Sin embargo la empresa también cuenta con conexión de agua potable, que utiliza para las instalaciones de administración y laboratorio.

### CONDICIONES A CUMPLIR

El agua que se utiliza en los procesos productivos debe cumplir con las exigencias para que no se alteren las propiedades de los productos y/o procesos.

Estos ensayos que se realizan tienen como objeto determinar el residuo sólido después de evaporación en seco y el PH del agua para Hormigones y Suelo- Cemento

El residuo sólido y pH del agua para hormigones y suelo-cemento deberá estar comprendido entre 5,5 y 8; el residuo, sólido a 100-110°C, determinado como se indica en la Norma no será mayor de 5g por litro; no contendrá materias nocivas, como ser: azúcares, sustancias húmicas y cualquier otra reconocida como tal; el contenido de sulfatos expresados como anhídrido sulfúrico, será como máximo, de 1g por litro.

#### ENSAYO DE RESIDUO SÓLIDO Y PH DEL AGUA PARA HORMIGONES Y SUELO - CEMENTO (VN-E-35-89)

*Se coloca en un vaso de precipitación de 500 cc del agua en estudio y se evaporan a sequedad, luego se coloca el vaso en una estufa a 130° C, durante una hora. Se pesa el vaso con el residuo, se lo lava y se pesa el vaso seco, se toma la diferencia, que es el residuo sólido de los 500 cm<sup>3</sup>, del agua ensayada y se lo expresa en porcentaje con respecto al peso del agua.*

*El PH se determinará empleando algunas de las técnicas alternativas establecidas en la Norma IRAM 1601.*

En la siguiente pagina, en la *Figura 36*, se observa el resultado del análisis químico de una muestra extraída del la perforación.

### ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Se puede concluir que el agua en consideración presenta excelentes cualidades y es apta para el uso es todo proceso productivo.

El mismo no presenta problemas de sales y sulfatos, siendo este uno de los principales elementos perjudiciales, debido a los problemas que este conlleva.



## LABORATORIO JARSUN

### ESPECTROFOTOMETRÍA DE PRECISIÓN

**REMITENTE:** DANIEL DE LA RUBIA

**ORIGEN:** AFEMA S.A.

**LUGAR Y FECHA:** Córdoba, 03/09/2012

**IDENTIFICACIÓN:**

NUM. DE LABORATORIO	12_112
ALCALINIDAD TOTAL (mg/l)	250.18
ALCALINIDAD DE CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup> (mg/l)	250.18
ALCALINIDAD DE CO <sub>3</sub> = (mg/l)	NO CONTIENE
DUREZA TOTAL (mg/l)	550.80
CONDUCTIVIDAD (microS/cm)	6.130.0
SÓL. DISUELTOS TOTALES (mg/l)	3.936.5
pH	7.81
CALCIO (mg/l)	192.14
MAGNESIO (mg/l)	17.14
SODIO (mg/l)	1.187.82
POTASIO (mg/l)	59.98
CARBONATOS (mg/)	NO CONTIENE
BICARBONATOS (mg/l)	250.18
SULFATOS (mg/l)	667.20
CLORUROS (mg/l)	1.562.00
R.A.S	22.03
C.S.R.	0.00
COLOR	INCOLORA
OLOR	INODORA
ASPECTO	LÍMPIDA

Figura 38: Resultado del Ensayo de Sólidos y pH del Agua

## 5.8. EMULSIONES

Las emulsiones se utilizan para:

- Curado de Suelo-Cal - 0,90 litros por metro cuadrado de residuo asfáltico.
- Imprimación de Base Granular - 0,90 litros por metro cuadrado de residuo asfáltico.
- Riegos de Liga de Base Negra - 0,3 litros por metro cuadrado de residuo asfáltico
- Riego de Liga de Carpeta Asfáltica- 0,3 litros por metro cuadrado de residuo asfáltico.

La cantidad que en definitiva deberá regarse en cada caso se determinará en la obra de acuerdo con las necesidades técnicas. El Contratista será el único responsable por la correcta dosificación y ejecución de los riegos.

### CONDICIONES A CUMPLIR

Será de aplicación para este ítem todo lo que no se oponga en el Pliego Particular de Especificaciones y el Pliego de Especificaciones Técnicas Generales de la DNV.

#### **ENSAYO DE VERIFICACIÓN UNIFORMIDAD DE RIEGO DISTRIBUIDORES MATERIAL BITUMINOSO (VN - E29 - 68)**

*Este ensayo tiene por objeto verificar la uniformidad del riego bituminoso en la barra de distribución de un camión distribuidor, mediante el controlador del caudal bituminoso en toda su longitud, por grupos de dos o tres picos contiguos y comprobar la uniformidad de riego bituminoso sobre la superficie de aplicación, por grupos de 7 a 10 picos contiguos.*

#### **APARATOS**

*Para cumplir con el primer propósito, se requieren tres recipientes*

#### **PROCEDIMIENTO**

*Controlador de la uniformidad de riego en la barra de distribución (Se ensaya primero la barra izquierda, luego la derecha). Se colocan los tres recipientes. Se toma la precaución de que el mismo número de picos descarguen el material bituminoso sobre cada una de las subdivisiones. Se comienza el riego con el material bituminoso, calentado si es necesario, para darle mayor fluidez. Es aconsejable hacer este ensayo con el material bituminoso más fluido de que se disponga. Cuando la primera de las subdivisiones vaya a rebalsar, se finaliza el riego.*

*Se repiten con la barra derecha, todas las operaciones antes mencionadas. Se efectúa el riego y se miden las alturas como se indicó más arriba.*

*Si los resultados no son satisfactorios, y siempre que el funcionamiento del camión regador sea normal, se prueba con una altura de barra inferior, hasta encontrar la altura más conveniente.*

#### **ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

La respectiva verificación de homogeneidad de los riegos se lleva a cabo en obra y no en laboratorio. Es por eso que no se tiene resultados de los mismos.

## **6. ESTRUCTURAS**

### **6.1. ACTIVIDADES PRELIMINARES**

Las actividades preliminares son todas aquellas actividades que son necesarias realizar antes de comenzar con la tarea de la materialización de la estructura.

#### **6.1.1. DESBOSQUE, DESTRONQUE Y LIMPIEZA**

Este trabajo comprende el desbosque, destronque, desenraizado, desarbustización, desmalezamiento y limpieza del terreno dentro de los límites de todas las superficies destinadas a la ejecución de desmontes, terraplenes, abovedamientos, cunetas, zanjas y préstamos para extracción de materiales hasta una profundidad de 0,40 m.

Se efectuará también el corte de yuyos en todo el ancho de la zona de camino. Se efectuará el perfilado de los préstamos una vez utilizados para extracción de material para banquetas y otros trabajos. La capa superior de suelo vegetal será reservada para el posterior recubrimiento de taludes, banquetas y fondos de cuneta. Se retirará la señalización vertical obsoleta o en mal estado y su traslado hasta donde lo fije la Inspección y se hará el traslado de Línea de Media Tensión y otros como comprende todos los traslados de postes, tapas y cámaras de servicios (agua, luz, gas, teléfono, etc.) Comprende asimismo todas las gestiones que deban ejecutarse ante Reparticiones Públicas, Cooperativas, Entes Privados, etc. para efectuar los traslados citados.

#### **CONDICIONES A CUMPLIR**

Para este ítem rigen las prescripciones contenidas en el “Pliego de Especificaciones Técnicas Generales” de la DNV (Edición 1998), en lo referido a “Desbosque, Destronque y Limpieza” (Sección B-I), en todo aquello que no se oponga a las presentes especificaciones.

#### **6.1.2. PREPARACIÓN DE SUBRASANTE**

Se considerará como Subrasante aquella porción de superficie que servirá de asiento o fundación para el recubrimiento enripiado, sub-base, o base a construir. Esta superficie puede resultar de movimientos de suelo efectuados con anterioridad de las excavaciones necesarias para lograr la cota de rasante del proyecto, o de la apertura de caja para el ensanche del pavimento

Este trabajo consistirá en la compactación y perfilado de la Subrasante de un camino, para la construcción inmediata de un recubrimiento con suelo seleccionado, de un enripiado o de un firme.

#### **CONDICIONES A CUMPLIR**

La Subrasante será conformada y perfilada de acuerdo a los perfiles indicados en los planos u ordenados por la Inspección y luego el Contratista adoptará el procedimiento constructivo que le permita lograr la densidad exigida. El mismo deberá

prever que puede resultar necesario realizar la extracción de hasta los 0,30 metros superiores y proceder luego al escarificado y re compactación de la base de asiento resultante, previo a la recolocación y compactación del material extraído.

El material que en alguna parte de la Subrasante demuestre que no puede ser satisfactoriamente compactado deberá ser totalmente excavado y reemplazado por suelo apto extraído y transportado de los sitios elegidos por el Contratista y aprobado por la Inspección.

Una vez terminada la preparación de la Subrasante en esa sección del camino, se la deberá conservar con la lisura y el perfil correcto, hasta que se proceda a la construcción de la capa superior.

El ensayo Proctor especificado para el ítem es el correspondiente a la Norma VN. -E.5-93 - Método I. La densidad de obra, referidas porcentualmente a la máxima del ensayo descrito en el punto precedente serán las siguientes:

- Terraplén y banquetas 100 %.
- Base de asiento 97%

En las proximidades de las alcantarillas transversales, los terraplenes se deberán compactar a la densidad exigida para el resto de la obra, debiendo emplearse en esas zonas el equipo adecuado para lograr tal fin.

#### **ENSAYO DE CONTROL DE COMPACTACIÓN POR EL MÉTODO DE LA ARENA (VN-E8-66)**

##### **OBJETOS**

*Esta norma detalla el procedimiento a seguir para determinar en el terreno el peso unitario de un suelo compactado, corrientemente denominado densidad, y establecer si el grado de compactación logrado cumple las condiciones previstas.*

##### **APARATOS**

- *Dispositivo que permite el escurrimiento uniforme del material utilizado para la medición del volumen*
- *Cilindro de hierro de las características y dimensiones indicadas .*
- *Bandeja de hierro, con orificio central, de las dimensiones y características indicadas*
- *Cortatríos, cucharas, espátulas u otras herramientas adecuadas para efectuar un hoyo en el terreno y retirar el material removido.*
- *Balanza de por lo menos 5 Kg. de capacidad con sensibilidad de 1 gramo.*
- *Frascos o latas con cierre hermético (para recoger el material retirado del hoyo).*
- *Bolsa de material plástico y/o recipiente de plástico u otro material con tapa preferentemente roscada, de 4 lts. o más de capacidad.*
- *Tamices Nº 20 y Nº 30*
- *Elementos de uso corriente en laboratorio: probetas, espátulas, palas, pinceles de cerda etc.*

##### **CALIBRACIÓN DEL APARATO**

*Se seca en la estufa hasta peso constante 20 a 25 Kg de arena sílicea de granos redondeados y uniformes. Por tamizado se separa la fracción que pasa tamiz Nº 20 y queda retenida en el tamiz Nº 30. No es indispensable utilizar estos tamices. Pueden elegirse*

cualesquiera dos tamices de la serie IRAM, siempre que la arena obtenida cumpla con la condición de que dos determinaciones consecutivas de su peso unitario no dan variaciones mayores del 1 %. No conviene emplear arena muy fina porque se puede trabar al libre movimiento del robinete y provocar vibraciones que modificarían la acomodación de la arena al caer en el pozo.

Se determina el volumen,  $V_c$ , del cilindro hasta los 150 mm. de altura. Se verifica el buen funcionamiento y ajuste de las partes móviles del aparato

Se llena el recipiente superior del dispositivo con un peso conocido,  $P_1$ , de la arena preparada. Se apoya firmemente el embudo sobre una superficie plana y rígida, se abre el robinete rápidamente  $\frac{1}{4}$  de vuelta de tal modo que la arena fluya libremente, hasta constatar que el embudo está totalmente lleno. Se cierra el robinete y se pasa la cantidad de arena sobrante en el recipiente superior,  $P_2$ . Por diferencia se determina el peso de la arena necesaria para llenar el embudo,  $Pe = P_1 - P_2$ . Esta operación se repite cuidadosamente tres veces y se establece como valor de  $Pe$  el promedio. Los valores individuales no deberán diferir entre sí más de 5 g.

Se apoya el embudo en el encastre superior del cilindro, de volumen conocido  $V_c$ , colocado sobre una superficie perfectamente lisa. Se carga el recipiente superior con el mismo peso de arena  $P_1$ . Se gira el robinete rápidamente  $\frac{1}{4}$  de vuelta, esperando hasta que la arena termine de correr y se determina el peso,  $P_3$ , de la arena que quedó en el recipiente. Se repite cuidadosamente tres veces esta operación y se toma como valor de  $P_1 - P_3$  al promedio las tres determinaciones. Los valores individuales de cada determinación no deberán diferir entre sí en más de 10 g.

Se pesan varias cantidad de arena zarandeada iguales a  $P_1$  y se introduce cada una de ellas en un envase adecuado. Conviene preparar dos o tres medidas más de arena que el número de ensayos que se prevé efectuar.

## **PROCEDIMIENTO**

Si el lugar donde debe realizarse la determinación presenta una superficie lisa, se elimina todo el material suelto con el pincel seco y se apoya el embudo del dispositivo marcando su contorno para que después de ejecutado el hoyo, cuya densidad piensa determinarse, sea posible colocar el embudo en el mismo lugar. Si la superficie presenta pequeñas irregularidades, antes de eliminar el polvo con el pincel se empareja con una pala ancha.

Con ayuda del cortafrío y la cuchara, o con cualquier otra herramienta adecuada, se ejecuta un hoyo cuyo diámetro será por lo menos de 10 cm. en el caso de suelos finos y tendrá el valor máximo (16 cm.) cuando se trate de suelos granulares. Sus paredes serán lisas verticales, con una profundidad igual al espesor que pretenda controlarse. Se recoge cuidadosamente todo el material retirado del hoyo, colocándolo dentro de uno de los frascos de cierre hermético, a medida que se lo va extrayendo. Completada la perforación se ajusta el cierre y se identifica el frasco debidamente.

Se vacía el contenido de uno de los envases en el recipiente superior del aparato, colocado previamente con su embudo en coincidencia con la marca dejada en la superficie.

Se abre el robinete rápidamente  $\frac{1}{4}$  de vuelta, evitando trepidaciones y se hace fluir libremente la arena dentro de hoyo hasta que permanezca en reposo. Se cierra el robinete y se recoge la arena sobrante en el recipiente, colocándola debidamente identificada en el mismo envase en que venía. Se levanta con cuidado la arena limpia que cayó y se guarda en un recipiente cualquiera para utilizarla posteriormente, previo re tamizado.

Si la superficie en donde se efectúa la determinación es irregular y no es posible emparejarla, la operación debe realizarse utilizando la bandeja para tener en cuenta el volumen de arena necesario para alisar la cara superior de la perforación. Es necesario en este caso, para cada hoyo, disponer de dos envases llenos de arena de peso  $P_1$ . En el lugar elegido se limpia cuidadosamente la superficie eliminando con el pincel todo el material suelto. Se coloca sobre la misma bandeja asegurándola en forma tal que no pueda moverse. Se coloca el dispositivo introduciendo el embudo en el orificio de la bandeja, hecho esto se llena el recipiente superior con el contenido de uno de los envases. Se abre el robinete permitiendo que la arena fluya hasta que se mantenga en reposo. Se retira el aparato y se vierte la arena sobrante en el envase cuyo contenido se utilizó. Por diferencia se obtiene luego el peso de la arena utilizada,  $Pe_1$ . Se limpia toda la arena suelta que cayó sobre la superficie del pozo y la bandeja. Se

realiza luego, cuidando de no mover la bandeja, un hoyo en el espesor a controlar con diámetro igual al del agujero de la bandeja y se continúa la determinación.

Se pasa todo el material depositado en el recipiente hermético, al efectuar el hoyo. Llamemos  $P_h$  a este peso. Se coloca dicho material en una bandeja y se seca a estufa a 105 - 100° c hasta peso constante. Llamemos  $P_s$  a dicho paso. Se pasa la arena sobrante. Llamemos  $P_4$  a este peso.

### CALCULOS

Constante del embudo: Es igual al peso de la arena que llena el embudo cuando este apoya sobre una superficie plana. Su valor es

$$P_e = P_1 - P_2$$

Peso unitario de la arena seca: Se lo obtiene aplicando de fórmula:

$$d_a = \frac{P_1 - P_3 - P_e}{V_c} =$$

Donde:  $P_1$ = Peso de la arena colocada en el recipiente antes del ensayo;  $P_3$ = Peso arena remanente;  $P_e$ = Constante del embudo;  $V_c$ = Volumen del cilindro.

Densidad de la muestra seca: Si se realizó la determinación sobre una superficie lisa:

$$D_s = \frac{P_s \times d_a}{P_1 - P_4 - P_e} =$$

Donde:  $D_s$ = Densidad del suelo seco;  $P_s$ = Peso del suelo seco;  $d_a$ = Peso unitario de la arena seca;  $P_1$ = Peso inicial de la arena empleada en la determinación;  $P_4$ = Peso de la arena sobrante;  $P_e$ = Constante del embudo.

La humedad de la muestra: En el momento del ensayo se calcula mediante la expresión:

$$H\% = \frac{P_h - P_s}{P_s} =$$

Donde:  $H$ = Contenido de humedad, en porcentaje;  $P_h$ = Peso del suelo húmedo;  $P_s$ = Peso del suelo seco.

Grado de compactación logrado: Se establece aplicando la fórmula:

$$C = \frac{D_s}{D} =$$

Siendo:  $C$ = Porcentaje de compactación obtenido con relación a la compactación especificada;  $D_s$ = Densidad lograda (Kg./dm<sup>3</sup>.);  $D$ = Densidad (en Kg./dm<sup>3</sup>) que debió obtenerse según lo indicado en el Pliego de Especificaciones de la obra.

### OBSERVACIONES

Es de gran importancia que el material empleado (arena) para llenar el pozo esté constituido por granos de tamaño, naturaleza y peso uniforme, lo más redondeados que sea posible, a fin de asegurar una distribución homogénea, con un índice de vacíos aproximadamente constante.

La humedad no es indispensable para el cálculo de la densidad, pero es de gran utilidad su conocimiento para vigilar la marcha de la obra.

A continuación se muestran los resultados del Ensayo de Densidad el cual refleja el grado de compactación de la Subrasante, en la Figura 39.

**ENSAYO DE CONTROL DE COMPACTACIÓN POR EL MÉTODO DE LA ARENA (VN-E8-66)**

AFEMA S.A. Villa Retiro Ruta 111 Km 7,5 Villa Retiro Cba		SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC) Registro 11 del Procedimiento 001 del área de Laboratorio	
		L.001.11.LD.000	
		<b>DENSIDAD</b>	
MUESTRA	L.001.01.AF.05749	FECHA ELABORACION	FECHA ENSAYO 16/02/2013
MATERIAL	SUELO		
Datos Generales	Progresiva: 16400 - 6525 Espesor de capa: 15	Material del pozo Peso Húmedo: 3176,0 Peso seco: 2712,2 % Humedad: 17,1%	Datos para determinar Humedad Pf + Sh: 493,0 Pf + Ss: 421,0 Pesafiltro:
Datos de la arena	Arena total: 7000,0 Resto de arena: 3578,0 Cono: 1146,0 Diferencia: 2276,0 Peso Especifico: 1,355 Volumen Pozo: 1679,7	Densidades Densidad húmeda: 1,891 Densidad seca: 1,615 Densidad seca corregida:	Mat. Retenido 3/4" % Peso Especifico Volumen retenido
UBICACIÓN R.P A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA  CALZADA UNICA CALZADA SUBRASANTE NINGUNO		Resultados Porcentaje de Densidad exigida Porcentaje de Densidad obtenida <b>98,2%</b>	
PROVEEDOR: CABILDO COMITENTE: DIRECCION PROVINCIAL DE VIALIDAD LABORATORIO: VILLA RETIRO ENCARGADO ENSAYO:	OBSERVACIONES		

Figura 39: Resultado del Ensayo de Densidad de Base de Asiento

En el siguiente gráfico, *Figura 40*, se muestra el resultado de una serie de Ensayos de Densidad de la base de asiento del paquete estructural. En este caso hablar de base de asiento es similar a hablar de Subrasante, ya que en el caso de esta obra no se tiene un terraplén.

AFEMA S.A. Villa Retiro		Obra Tramo Expediente		Registro 11 del Procedimiento 001 del área de Laboratorio																	
Ruta 111 Km 7,5 Villa Retiro Cba		CONCEDENTE: DIRECCION PROVINCIAL DE VIALIDAD		DENSIDAD (metodo de la arena)																	
Ubicación	Fecha	Esperos	% de humedad			Arena total	Resto de arena	Cono	Diferencia	Peso esp arena	Volumen pozo	Peso húmedo Reten. 3/4	% ret. 3/4 en el pozo	Peso Especifico SSS	Volumen Retenido en 3/4	Densidad húmeda	Densidad seca	Densidad seca corregida	Proctor	Proctor corregido	% Densidad Obtenida
			FEJAR	FEJAR	(1-2) x 100																
R.P A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA - SUBRASANTE Carril: IZQUIERDO prog: 17000 Reg.06228	22/05	21,0	2998	2623	14,3%	7000	3559	1146	2295	1,355	1694					1,770	1,549		1,550		99,9%
R.P A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA - SUBRASANTE Carril: IZQUIERDO prog: 17000-17100 Reg.06232	22/05	20,0	1791	1588	12,8%	7000	4521	1146	1333	1,355	984					1,821	1,614		1,623		99,4%
R.P A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA - SUBRASANTE Carril: DERECHO prog: 16900-17000 Reg.06234	22/05	20,0	2998	2623	14,3%	7000	3559	1146	2295	1,355	1694					1,770	1,549		1,567		98,8%
R.P A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA - SUBRASANTE Carril: DERECHO prog: 17200-17400 Reg.06314	27/05	20,0	3122	2682	16,4%	7000	3766	1146	2088	1,355	1541					2,026	1,741		1,742		99,9%
R.P A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA - SUBRASANTE Carril: IZQUIERDO prog: 17400-17500 Reg.06315	28/05	20,0	3150	2690	17,1%	7000	3699	1146	2155	1,355	1590					1,981	1,691		1,712		98,8%
R.P A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA - SUBRASANTE Carril: IZQUIERDO prog: 17530 Reg.06338	31/05	15,0	3195	2742	16,5%	6000	2744	1146	2110	1,355	1557					2,052	1,761		1,771		99,4%

Figura 40: Resultado [Globales] de Ensayo de Densidad Base de Asiento

## **ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

Se puede observar que los resultados de los Ensayos de Densidad son satisfactorios para el nivel de compactación exigido por pliego. El valor exigido por pliego es de 97 % y los resultados de la *Figura 40* muestran que los valores rondan en promedio el 99%. Esto es lógico, ya que si o si debe ser cumplido. En el caso de que una cancha no cumpla con la compactación exigida, se procede a recompactarla hasta que cumpla con el grado de compactación.

### **6.1.3. FRESADO DE PAVIMENTO EXISTENTE:**

El presente ítem comprende todos los trabajos necesarios para efectuar el fresado del pavimento asfáltico existente en base a un plan de fresado, las áreas y la profundidad del mismo. A los fines del proyecto se supuso el fresado de un espesor de 0,07 m.

El equipo requerido para la remoción de las capas asfálticas y/o granulares consistirá en una máquina fresadora autopropulsada, con potencia propia, tracción y estabilidad suficiente para mantener con exactitud el espesor de corte y pendiente transversal previstos. Deberá disponer de dispositivos que permitan establecer con exactitud y automáticamente el espesor de corte a ambos extremos de la máquina con la tolerancia indicada, tomando referencia del pavimento existente por medio de un sistema de patines o zapatos o bien mediante controles de índole independiente, permitiéndole así obtener una correcta lisura longitudinal y pendiente transversal.

### **CONDICIONES A CUMPLIR**

El Contratista deberá contar por lo menos con un equipo de fresado en frío, cuya potencia y capacidad productiva aseguren la ejecución de los trabajos dentro de las exigencias del cronograma previsto.

Asimismo deberá contar, desde el inicio de las actividades, con la cantidad de elementos que el equipo requiera para su manejo y continuo funcionamiento, tal como lo son los elementos de corte de la fresadora.

La remoción del pavimento bituminoso deberá ejecutarse a la temperatura ambiente, por la acción del fresado con equipo ambulo-operante, debiendo reducirse el número de pasadas del mismo tanto como resulte factible, a fin de minimizar las perturbaciones que se ocasione a los usuarios de la calzada afectada.

Rige para la ejecución de la tarea lo establecido en la Sección D-XII del Pliego de Especificaciones Técnicas Generales Año 1998 de la Dirección Nacional de Vialidad.

## **ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

En caso de que el trabajo deba ser modificado debido a la no concordancia entre lo establecido previamente y lo encontrado en la obra, este deberá contar con la aprobación de la Inspección.

## **6.2. SUBBASE**

La Subbase es la capa inferior del paquete estructural. La misma asienta sobre las base de asiento y sustenta a la base que se proyecta por encima. Esta se efectuará solo en el pavimento flexible, y además será mejorada con cal.

Este trabajo consiste en el suministro, extensión, humedecimiento, mezcla, conformación y compactación del material aprobado, detallado en el apartado [5. Materiales], el cual formara parte de la estructura del pavimento de acuerdo con lo indicado en los documentos de proyecto, ajustándose a las cotas y alineamientos horizontales y verticales y a las secciones transversales típicas, dentro de las tolerancias estipuladas.

### **6.2.1. CONSTRUCCIÓN DE SUBBASE SUELO – CAL:**

El Proyecto contempla la construcción de una sub base de suelo-cal en los sectores que sea necesario el saneamiento de la capa de Subrasante y en la zona de sobreebanco de curvas horizontales como Sub-base Suelo-cal de la estructura proyectada, para llevar el ancho de coronamiento a 8,10 m, de acuerdo a los perfiles tipo, planos y órdenes de la Inspección.

El objetivo del agregado de cal, para este caso, es darle impermeabilidad y, mejorar las características de estabilidad y resistencia a la capa. Los materiales componentes de ésta, son suelo seleccionado y cal hidratada, que ya fueron estudiados en el punto 5.1.1. y 5.4. Aquí veremos las condiciones que deben cumplir los ensayos de laboratorio necesarios para el control de calidad de la capa.

Para el cálculo de la cal a incorporar, se tendrá en cuenta el porcentaje de cal especificado, la sección transversal del proyecto y la densidad de la mezcla exigida en el tramo.

A los fines del proyecto se han supuesto los siguientes porcentajes:

- Suelo Seleccionado: 96 %
- Cal Hidratada: 4 %

En este trabajo se distribuye la cal útil vial, a lo largo de la cancha en la cual se está trabajando. Se reparten a cierta distancia, para que una vez distribuidas a lo ancho de la calzada y mezcladas con el suelo, cumpla con la dosificación propuesta. Se deberá ejecutar un espesor tal que una vez perfilado se obtenga el espesor proyectado.

Una vez compactado cada tramo se efectuará un perfilado y eliminación del material sobrante y un riego de agua para luego efectuar un curado con Emulsión Catiónica de Curado Rápido.

### **CONDICIONES A CUMPLIR**

Para esta capa no se especifican valores de resistencia, solamente se especifica el porcentaje de cal a agregar, que es del 4% y que la cal tenga un porcentaje de Cal Útil Vial del 65%.

La mezcla suelo-cal deberá ser compactada al 98% de la densidad referida al ensayo Proctor. El valor de densidad deberá basarse en la curva Proctor de una muestra representativa de la mezcla de suelo-cal.

La cal Hidratada a utilizar deberá contener un porcentaje de OCa + OMg mayor o igual al 65% y deberá cumplir con las normas IRAM 1626 o 1508 según su tipo.

El material a utilizar deberá estar libre de grumos o materias extrañas y no presentar alteraciones de su capacidad reactiva, debiendo acopiarse adecuadamente.

La distribución de cal se realizará de manera uniformemente sobre la capa de material suelto. Esta distribución podrá ser mediante rastrillos adecuados a tal fin; distribuidores mecánicos independientes adosados al equipo mezclador, debiendo ser todo equipo aprobado previamente por la Inspección de obra.

La uniformidad se verificará con el ensayo de VN. E-34 - 65 y Ensayo de Homogeneidad de mezclado, por control colorimétrico con una solución al 2% de fenolftaleína disuelta en alcohol puro de 95° "Baume". No menos del 90% de la superficie analizada deberá estar homogéneamente coloreada.

Todo material removido no podrá ser reincorporado a la capa, la cual no deberá presentar planos de compactación.

#### **ENSAYO DE HOMOGENEIDAD PARA LA MEZCLA DE LOS TIPOS SUELO - CAL Y DE SUELO - CEMENTO (VN - E34 - 65)**

*Este ensayo tiene por objeto determinar la homogeneidad de las mezclas de suelo-cal y suelo-cemento. Se emplea un ensayo rápido para establecer, mediante la determinación del PH en una suspensión de la mezcla, el contenido de cal agregada o de cal librada por el cemento pórtland. La comparación de los resultados de distintos ensayos permite apreciar la homogeneidad lograda en la mezcla.*

#### **EQUIPO**

- *Potenciómetro: portátil, para medición del PH. Sensibilidad de la escala igual a 0,1 con apreciación de 0,05. Electrodo de vidrio.*
- *Balanzas: Deberá tener precisión de 0,01 gr.*
- *Vasos de precipitación: Seis vasos de precipitación de 200 cc.*
- *Probeta: Una probeta de 100 cc.*

#### **PREPARACIÓN DEL DISPERSANTE**

*A 12 gr. (11,35 cc.) de ácido acético glacial, se añaden 500 cc. de agua destilada. A esta solución se agrega otra conteniendo 40 gr. de hidróxido de sodio. En caso de enturbiarse después de cierto tiempo, debe desecharse y prepararse un nuevo dispersante.*

#### **PREPARACIÓN DE LA CURVA DE TARADO**

*Se preparan, en un mortero apropiado, mezclas que contengan 2, 4, 6, 8 y 10 por ciento del ligante que se prevé usar, ya sea cal o cemento pórtland, cada una con 100 gr. de suelo seco, se mezcla rápidamente hasta obtener homogeneidad y se agrega el agua correspondiente a la humedad de compactación que se usará en obra, cada mezcla se conservará luego en un frasco hermético. Se toman 10 gr. de una de las mezclas así preparadas y se vuelcan en un vaso que contenga 100 cc. del dispersante, agitando continuamente con una varilla de vidrio, durante 10 minutos, se determina el PH mediante el potenciómetro. Se efectúa este procedimiento con cada una de las muestras. Se traza una curva de tarado, llevando en abscisas los porcentajes del ligante y en coordenadas los PH*

correspondientes. Se recomienda trazar la curva de tarado en base a muestras representativas del suelo que se está buscando, y volverla a trazar cada vez que se sospeche algún cambio en el suelo o en el ligante.

**REALIZACIÓN DEL ENSAYO**

Se toma una muestra de 10 gr. de la mezcla a ensayar, pesando con aproximación de 0,01 gr. Se vuelca la muestra en un vaso que contiene 100 cc del dispersante y se agita la suspensión durante 10 minutos, con una varilla de vidrio. Se mide el PH mediante el potenciómetro y por comparación con la curva de tarado, se establece el porcentaje de cal o cemento contenido en la muestra.

Se repite el procedimiento tomando muestras tan frecuentemente como sea preciso y por comparación de los porcentajes establecidos mediante el ensayo, para cada muestra, se determina la homogeneidad de la mezcla.

En el siguiente resultado se pueden observar un ensayo de Densidad mediante el cono de arena, sobre un análisis de una capa de Subbase. Dicho ensayo se explico en el apartado 6.1.2. *Preparación de la Subrasante*. En la siguiente figura se muestran los valores que se deben ingresar en la planilla de cálculo y los resultados que arroja la misma. (Figura 41)

AFEMA S.A. Villa Retiro		SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC)	
Ruta 111 Km 7,5 Villa Retiro Cba		Registro 11 del Procedimiento 001 del área de Laboratorio	
		L.001.11.LD.000	
		<b>DENSIDAD</b>	
MUESTRA	L.001.01.AF.07081	FECHA ELABORACION	
MATERIAL	Suelo Cal		
		FECHA ENSAYO	31/08/2013
<b>Datos Generales</b>	Progresiva: 475-650 Espesor de capa: 20	<b>Material del pozo</b>	Peso Húmedo: 2510,0 Peso seco: 2165,7 % Humedad: 15,9%
<b>Datos de la arena</b>	Arena total: 7000,0 Resto de arena: 4170,0 Cono: 1146,0 Diferencia: 1684,0 Peso Especifico: 1,355 Volumen Pozo: 1242,8	<b>Densidades</b>	Densidad húmeda: 2,020 Densidad seca: 1,743 Densidad seca corregida:
		<b>Proctor</b>	Proctor: 1,772 Proctor corregido:
		<b>Datos para determinar Humedad</b>	Pf + Sh: 1000,0 Pf + Ss: 862,8 Pesafiltro:
		<b>Mat. Retenido 3/4"</b>	%:
		<b>Peso Especifico</b>	
		<b>Volúmen retenido</b>	
<b>UBICACIÓN</b>	R.P A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA  CALZADA UNICA CALZADA SUB-BASE CENTRAL	<b>Resultados</b>	
		Porcentaje de Densidad exigida	98%
		Porcentaje de Densidad obtenida	98,3%
<b>PROVEEDOR</b>	AFEMA S.A. y otros U.T.E	<b>OBSERVACIONES</b>	
<b>COMITENTE</b>	DIRECCION PROVINCIAL DE VIALIDAD		
<b>LABORATORIO</b>	VILLA RETIRO		
<b>ENCARGADO ENSAYO</b>			

**Figura 41: Resultado de Ensayo de Densidad Suelo - Cal**

En la siguiente *Figura 42* se muestran los resultados globales de los ensayos realizados sobre las Subbase Suelo-Cal entre las progresivas 5+500 y 6+200.

AFEMA S.A. Villa Retiro		Obra		Registro 11 del Procedimiento 001 del área de Laboratorio																			
Ruta 111 Km 7,5 Villa Retiro Cba		Tramo																					
		Expediente																					
		CONCEDENTE:		DIRECCION PROVINCIAL DE VIALIDAD										DENSIDAD (metodo de la arena)									
Ubicación	Fecha	Esperos	suelo húmedo		% de humedad	Arenas total	Resto de arena	Cono	Diferencia	Peso esp arena	Volumen pozo	Peso húmedo Retén. 3/4	% ret. 3/4 en el pozo	Peso Especifico SSS	Volumen Retenido en 3/4	Densidad húmeda	Densidad seca	Densidad seca corregida	Proctor	Proctor corregido	% Densidad Obtenida		
			FEJAR	FEJAR																		11-202 x 102	FEJAR
R.P A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESAS - CALZADA - SUBRASANTE Carril: CENTRAL prog: 5100-5250 Reg.06272	28/05	20,0	3131	2615	19,7%	7000	3658	1146	2196	1,355	1621						1,932	1,614		1,624	99,4%		
R.P A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESAS - CALZADA - SUBRASANTE Carril: DERECHO prog: 12000-121000 Reg.06360	05/06	20,0	2865	2526	13,4%	7000	3818	1146	2036	1,355	1503						1,907	1,681		1,678	100,2%		
R.P A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESAS - CALZADA - SUBRASANTE Carril: CENTRAL prog: 5580 Reg.06375	06/06	20,0	3401	2885	17,9%	7000	3305	1146	2549	1,355	1881						1,808	1,533		1,560	98,3%		
R.P A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESAS - CALZADA - SUBRASANTE Carril: IZQUIERDO prog: 5675-5875 Reg.06377	06/06	20,0	3650	3083	18,4%	7000	3129	1146	2725	1,355	2011						1,815	1,533		1,554	98,6%		
R.P A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESAS - CALZADA - SUBRASANTE Carril: DERECHO prog: 5700-5900 Reg.06401	08/06	20,0	3524	2986	18,0%	7000	3243	1146	2611	1,355	1927						1,829	1,550		1,580	98,1%		
R.P A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESAS - CALZADA - SUBRASANTE Carril: DERECHO prog: 5900-6050 Reg.06445	14/06	20,0	2280	1880	21,3%	7000	4188	1146	1666	1,355	1230						1,854	1,529		1,550	98,6%		
R.P A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESAS - CALZADA - SUBRASANTE Carril: IZQUIERDO prog: 6050-6200 Reg.06447	14/06	20,0	2350	1980	18,7%	7000	4150	1146	1704	1,355	1258						1,869	1,574		1,600	98,4%		

Figura 42: Resultado [Globales] de Ensayo de Densidad Suelo-Cal

## ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los principales controles en este ítem son las verificaciones de las densidades logradas mediante la compactación. El pliego especifica que la densidad adquirida debe ser del 98 % con respecto al Ensayo Proctor. Este valor se logra en todos los ensayos, y en el caso de que no se cumpla, se deberá indicar al capataz de obra que re compacte la cancha hasta obtener la densidad deseada.

Este ensayo se debe realizar una vez perfilada la cancha y dentro de las 6 horas subsiguientes. Esto se debe a que la cal se hidrata y consume el agua de compactación. Si la densidad no se logra se deberá rehacer la cancha, ya que el agua que se utilizó para la compactación fue absorbida por la Cal y no se lograra la densidad deseada.

Otro trabajo que debe ser de especial atención es el perfilado de la capa mediante trabajo de topografía y moto niveladora.

## 6.3. BASE

Las bases son los elementos de apoyo de las capas de rodamiento.

Las mismas se ejecutan en obra una vez finalizada la Subbase. Las bases pueden ser asfálticas o de materiales granulares. En el caso que la capa de rodamiento sea flexible, esta lleva una base granular y puede o no tener una base negra (asfáltica) intermedia. En el pavimento rígido en cambio, la base consta de una base granular cementada, que tiene como principal función cumplir con el fenómeno anti bombeo.

A continuación detallaremos las tres bases que son dispuestas en la Ruta Prov. A-174. Base granular y base asfáltica para el pavimento flexible, y base granular cementada para el pavimento rígido.

### 6.3.1. BASE GRANULAR

La base granular se ejecuta en los tramos que el perfil tipo es rural. Este base se puede encontrar en casi la mayoría del tramo. La misma se comienza a ejecutar una vez que la Subbase Suelo-Cal esté terminada, perfilada y aprobada. La base granular es de 0,20 m de espesor y 7,70 m de ancho.

El trabajo que se realiza, es acarrear el material, en este caso un material de agregado 0-20, el cual se lo distribuye de tal forma, que una vez descargados de los camiones y distribuidos por la moto niveladora, quede una capa de espesor tal, que luego de compactada y perfilada tenga el espesor indicado.

#### CONDICIONES A CUMPLIR:

El material destinado a la formación de la base o sub-base deberá responder a las condiciones de granulometría, plasticidad, valor soporte y contenido de sales que se indican en la especificación particular. El ensayo de valor soporte se efectuara como se establece en la Norma de Ensayo VN-E-6- 84 "Valor Soporte e Hinchamiento de Suelos Método Dinámico Simplificado No 1".

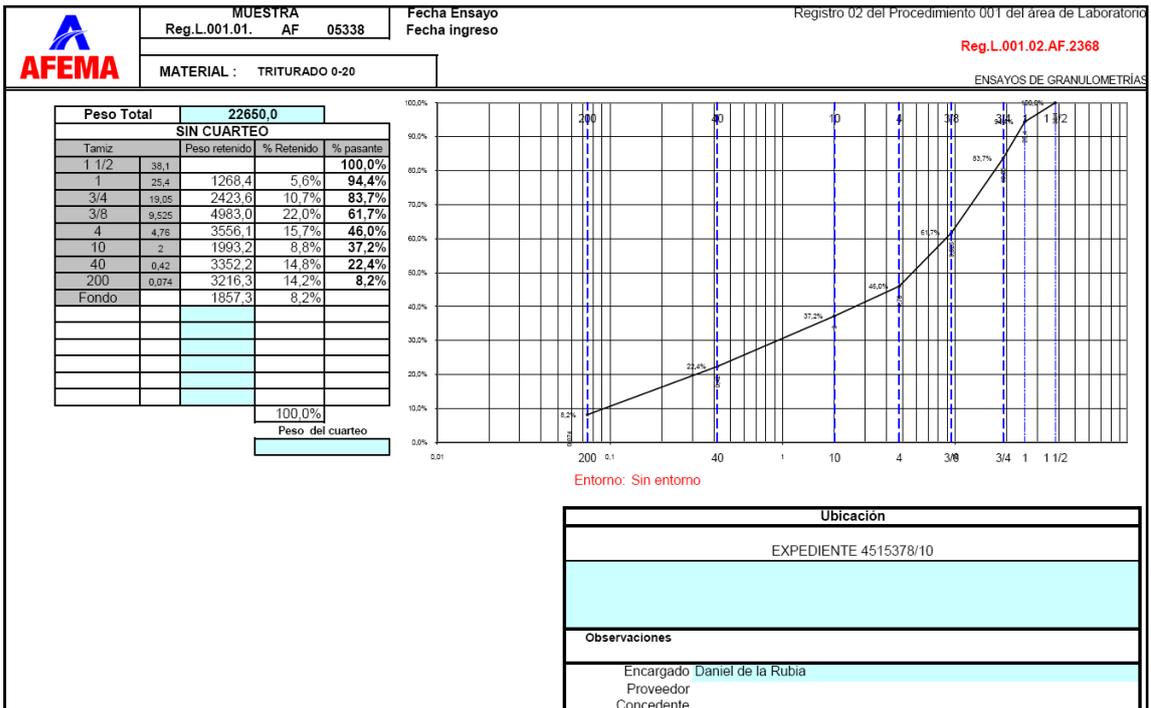
La formula de la mezcla será tal que el Valor Soporte 80 se deberá alcanzar con una densidad menor o igual al 97% de la densidad máxima, correspondiente a 56 golpes por capa.

Según el pliego la compactación de la capa reciclada se hará hasta lograr una densidad mayor o igual al 100% del ensayo Proctor AASHTO T-180. Además deberá cumplir con el CBR 80 al 97 % de la densidad máxima de Proctor.

Inmediatamente después de concluido el proceso constructivo y, previa ejecución de los controles topográficos, lisura y densidad, se realizara la Imprimación.

A continuación se muestra el detalle de la mezcla, del Ensayo Proctor, junto con el ensayo de Valor Soporte e hinchamiento, y se define la densidad máxima de Proctor.

Figura 43: Dosificación Base Granular [CBR]



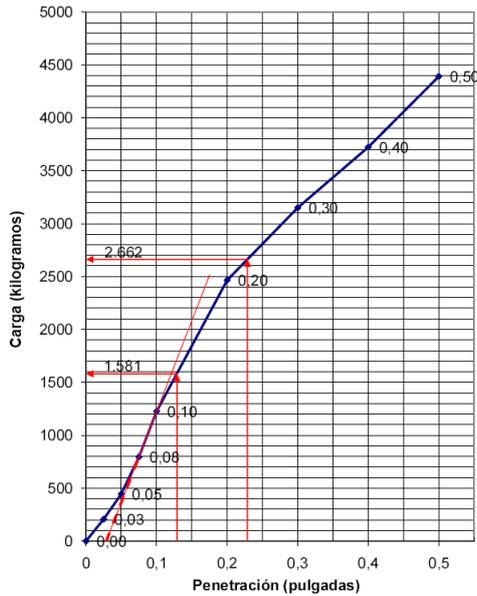
**AFEMA** Fecha de ensayo: 01-03-13 SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC)  
 Fecha de moldeo: 25-02-13 Registro 10 del procedimiento 002 del área de Laboratorio  
 Reg.L001.01.AF.5338 Reg.L002.10.AF.0096

**AFEMA** Fecha de ensayo: 01-03-13 SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC)  
 Fecha de moldeo: 25-02-13 Registro 10 del procedimiento 002 del área de Laboratorio  
 Reg.L001.01.AF.5338 Reg.L002.10.AF.0096

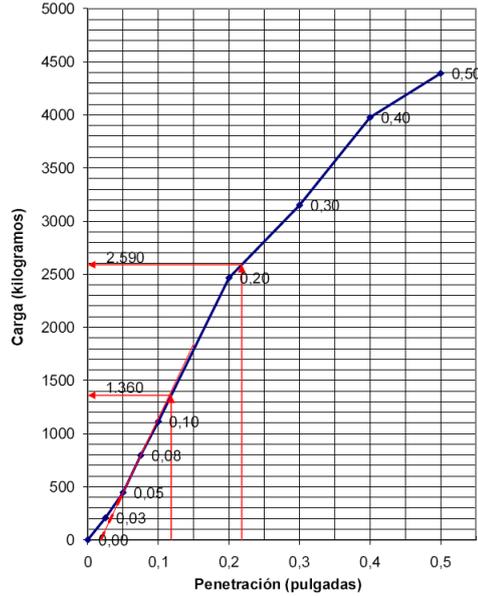
Penetrac	Deflexion	Carga	Standard	C.B.R	Densidad Proctor	Material
mm	ARO	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	%	2,297	TRITURADO 0-20
0,63	13	206,83			Método	
1,27	28	445,48			Densidad del Molde	2,288
1,9	50	795,5			Golpes	56
2,54	77	1225,07	1981	70	Entró	25-2
5,08	155	2466,05	2662	105	Salíó	1-3
7,62	198	3150,18		133	Sobrecargas	9,08
10,16	234	3722,94		161	Flex inicial	
12,7	276	4391,16		183	Flex final	
					% hinchamiento	

Penetrac	Deflexion	Carga	Standard	C.B.R	Densidad Proctor	Material
mm	ARO	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	%	2,297	TRITURADO 0-20
0,63	13	206,83			Método	
1,27	28	445,48			Densidad del Molde	2,287
1,9	50	795,5			Golpes	56
2,54	70	1113,7	1360	70	Entró	25-2
5,08	155	2466,05	2590	105	Salíó	1-3
7,62	198	3150,18		133	Sobrecargas	9,08
10,16	250	3977,5		161	Flex inicial	
12,7	276	4391,16		183	Flex final	
					% hinchamiento	

EXPEDIENTE 4515378/10



EXPEDIENTE 4515378/10



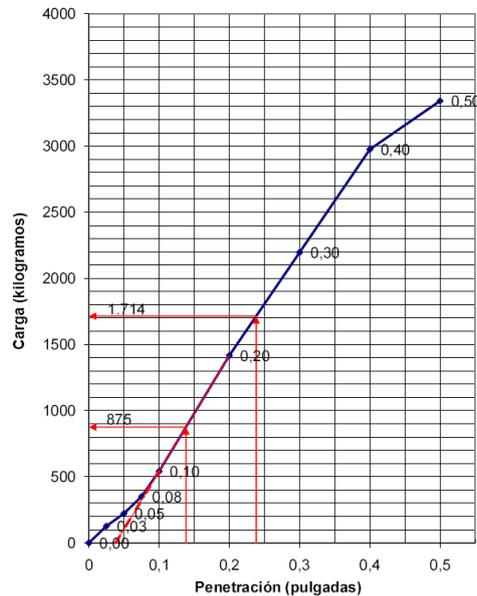
**AFEMA** Fecha de ensayo: 01-03-13 SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC)  
 Fecha de moldeo: 25-02-13 Registro 10 del procedimiento 002 del área de Laboratorio  
 Reg.L001.01.AF.5338 Reg.L002.10.AF.0096

**AFEMA** Fecha de ensayo: 01-03-13 SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC)  
 Fecha de moldeo: 25-02-13 Registro 10 del procedimiento 002 del área de Laboratorio  
 Reg.L001.01.AF.5338 Reg.L002.10.AF.0096

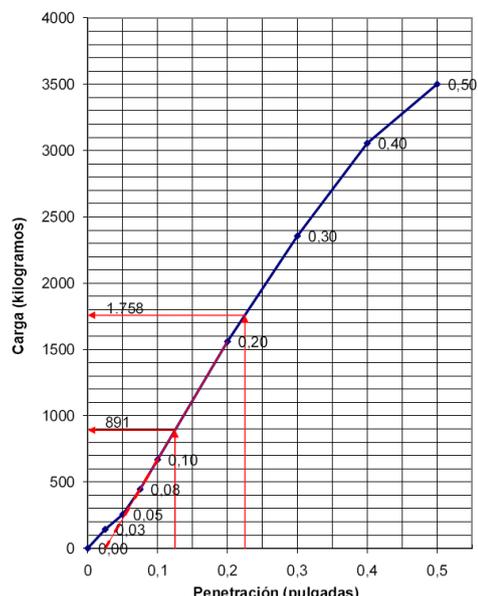
Penetrac	Deflexion	Carga	Standard	C.B.R	Densidad Proctor	Material
mm	ARO	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	%	2,297	TRITURADO 0-20
0,63	8	127,28			Método	
1,27	14	222,74			Densidad del Molde	2,193
1,9	22	350,02			Golpes	25
2,54	34	540,94	875	70	Entró	25-2
5,08	89	1415,99	1714	105	Salíó	1-3
7,62	138	2195,58		133	Sobrecargas	9,08
10,16	197	2975,17		161	Flex inicial	
12,7	210	3341,1		183	Flex final	
					% hinchamiento	

Penetrac	Deflexion	Carga	Standard	C.B.R	Densidad Proctor	Material
mm	ARO	Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	%	2,297	TRITURADO 0-20
0,63	9	143,19			Método	2,223
1,27	16	254,56			Densidad del Molde	2,223
1,9	28	445,48			Golpes	25
2,54	42	668,22	891	70	Entró	25-2
5,08	98	1559,18	1758	105	Salíó	1-3
7,62	148	2354,68		133	Sobrecargas	9,08
10,16	192	3054,72		161	Flex inicial	
12,7	220	3500,2		183	Flex final	
					% hinchamiento	

EXPEDIENTE 4515378/10



EXPEDIENTE 4515378/10



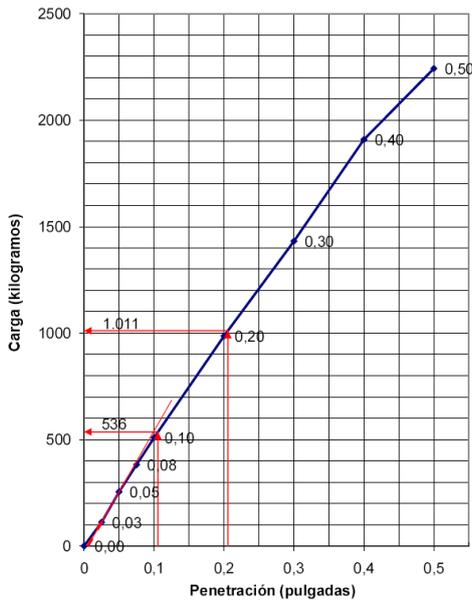
**AFEMA** Fecha de ensayo: 01-03-13 SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC)  
 Fecha de moldeo: 25-02-13 Registro 10 del procedimiento 002 del área de Laboratorio  
 Reg.L001.01.AF.5338 Reg.L002.10.AF.0096  
**ENSAYO DE VALOR SOPORTE** (Norma V.N.E6-84- Método Dinámico N°1 Simplificado)

Penetrac	Deflexion	Carga	Standard Kg/cm <sup>2</sup>	C.B.R	Densidad Proctor	Material
mm	ARO	Kg	Correg	%	Método	TRITURADO 0-20
0,63	7	111,37			Densidad del Molde	2,153
1,27	16	254,56			Golpes	12
1,9	24	381,84			Entró	25-2
2,54	32	509,12	536	70	Sakó	1-3
5,08	62	986,42	1011	105	Sobrecargas	9,08
7,62	90	1431,9		133	Flex inicial	
10,16	120	1909,2		161	Flex final	
12,7	141	2243,31		183	% hinchamiento	

Aro de 5000 Kg  
Cte k. 15,91  
Sobrecarga 9,08 Kg

Molde 5

EXPEDIENTE 4515378/10



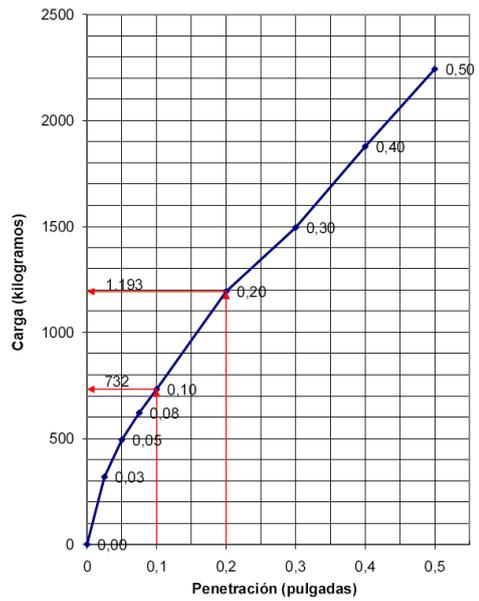
**AFEMA** Fecha de ensayo: 01-03-13 SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC)  
 Fecha de moldeo: 25-02-13 Registro 10 del procedimiento 002 del área de Laboratorio  
 Reg.L001.01.AF.5338 Reg.L002.10.AF.0096  
**ENSAYO DE VALOR SOPORTE** (Norma V.N.E6-84- Método Dinámico N°1 Simplificado)

Penetrac	Deflexion	Carga	Standard Kg/cm <sup>2</sup>	C.B.R	Densidad Proctor	Material
mm	ARO	Kg	Correg	%	Método	TRITURADO 0-20
0,63	20	318,2			Densidad del Molde	2,111
1,27	31	493,21			Golpes	12
1,9	39	620,49			Entró	25-2
2,54	46	731,86		70	Sakó	1-3
5,08	75	1193,25		105	Sobrecargas	9,08
7,62	94	1495,54		133	Flex inicial	
10,16	118	1877,38		161	Flex final	
12,7	141	2243,31		183	% hinchamiento	

Aro de 5000 Kg  
Cte k. 15,91  
Sobrecarga 9,08 Kg

Molde 6

EXPEDIENTE 4515378/10



**AFEMA** Fecha de ensayo: 01-03-13 SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC)  
 Fecha de moldeo: 25-02-13 Registro 10 del procedimiento 002 del área de Laboratorio  
 Reg.L001.01.AF.5338 Reg.L002.10.AF.0096  
**ENSAYO DE VALOR SOPORTE** (Norma V.N.E6-84- Método Dinámico N°1 Simplificado)

GRANULOMETRIA		Aro de 5000 Kg		Molde		Peso		VOL		DENSIDAD		HUMED		DENSIDAD		ALT		HINCHAMIENTO				H.FINAL	
Reg.L001.02:02.AF.02368		Cte k. 15,91		Molde		M+S+A		MOLDE		HUMEDA		%		SECA		PROB		1Dia 2Dia 3Dia 4Dia				%	
PESO TOT		22650		1		56 9515		4306 5209		2140 2434		6,4 2,288		6,4 2,288									
25,4 mm		94,4%		2		56 9543		4300 5243		2155 2433		6,4 2,287		6,4 2,287									
19,0 mm		83,7%		3		25 9360		4356 5004		2144 2334		6,4 2,193		6,4 2,193									
9,5 mm		61,7%		4		25 9354		4300 5054		2136 2366		6,4 2,223		6,4 2,223									
4,76 mm		46,0%		5		12 9213		4278 4935		2154 2291		6,4 2,153		6,4 2,153									
2,00 mm		37,2%		6		12 9148		4315 4833		2151 2246		6,4 2,111		6,4 2,111									
0,42 mm		22,4%																					
0,074 mm		8,2%																					

Standard Kg/cm <sup>2</sup>		70				105				133				161				183				V.S							
mm	0,63	1,27	1,90	2,54	5,08	7,62	10,16	12,70	Nº	Dial	Dial	Dial	Dial	Carga	C.corr	%	Dial	Carga	C.corr	%	Dial		Carga	C.corr	%	Dial	Carga	C.corr	%
1	13	28	50	77	1225	1581	116,7	155	2466	2662	131,0	198	3150	122,4	234	3723	119,8	276	4391	124,0	131,0								
2	13	28	50	70	1114	1360	100,4	155	2466	2590	127,5	198	3150	122,4	250	3978	127,7	276	4391	124,0	127,5								
3	8	14	22	34	541	875	64,6	89	1416	1714	84,4	138	2196	85,3	187	2975	95,5	210	3341	94,4	84,4								
4	9	16	28	42	668	891	65,8	98	1559	1758	86,5	148	2355	91,5	192	3055	98,1	220	3500	98,9	86,5								
5	7	16	24	32	509	536	39,6	62	986	1011	49,8	90	1432	55,6	120	1909	61,3	141	2243	63,4	49,8								
6	20	31	39	46	732		54,0	75	1193	58,7	94	1496	58,1	118	1877	60,3	141	2243	63,4	58,7									

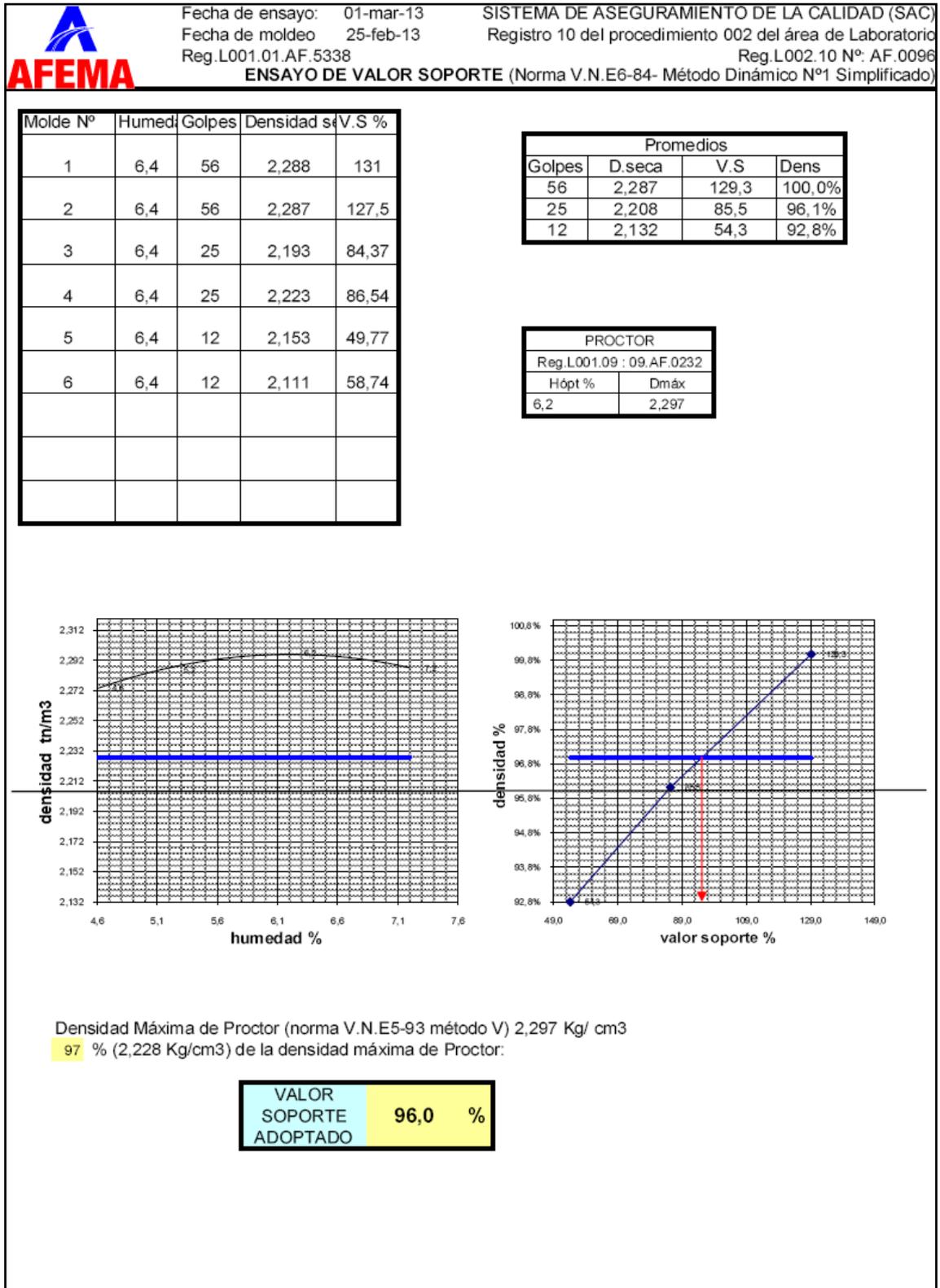
**PROCTOR** Reg.L001.09.09.AF.0232 Hópt % Dmáx 6,2 2,297

**PLASTICIDAD** Reg.001.PL.32.AF.35 L.L L.P I.P H.R.B 21,4 18,6 2,9 A-1a

**VALOR SOPORTE ADOPTADO**  
 AL 97 % (2,228 Kg/cm<sup>3</sup>) de la densidad máxima de Proctor: **96,0 %**

**PROVEEDOR** CANTERA DIQUECITO **Ubicación** RUTA A 174 CALZADA BASE **Observacion** EXPEDIENTE 4515378/10  
**CONTRATISTA** DIRECCION PROVINCIAL DE VIALIDAD  
**LABORATORIO** VILLA RETIRO  
**ENC. DE ENSAYO** Daniel de la Rubia

A continuación se muestra el resultado del ensayo de valor soporte. El valor soporte adoptado al 97% de la densidad máxima del Proctor, es de 96 %.



En el siguiente resultado se pueden observar un ensayo sobre un análisis de una capa de Base Granular. En la *Figura 44* se muestra el resultado de un ensayo de Densidad mediante el Cono de Arena.

AFEMA S.A. Villa Retiro		SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC)	
Ruta 111 Km 7,5 Villa Retiro Cba		Registro 11 del Procedimiento 001 del área de Laboratorio	
		L.001.11.LD.000	
		<b>DENSIDAD</b>	
MUESTRA	L.001.01.AF.06924	FECHA ELABORACION	
		FECHA ENSAYO	14/08/2013
MATERIAL	BASE GRANULAR		
Datos Generales	Progresiva:	7630-7900	
	Espesor de capa:		
Material del pozo	Peso Húmedo	4312,0	
	Peso seco	4098,9	
	% Humedad	5,2%	
Datos para determinar Humedad			
Pf + Sh		1000,0	
Pf + Ss		950,6	
Pesafiltro			
Datos de la arena	Arena total	7000,0	
	Resto de arena	3525,0	
	Cono	1146,0	
	Diferencia	2329,0	
	Peso Especifico	1,355	
Volumen Pozo	1718,8		
Densidades	Densidad húmeda	2,509	
	Densidad seca	2,385	
	Densidad seca corregida		
Proctor	Proctor	2,315	
	Proctor corregido	2,365	
Mat. Retenido 3/4"			
		528,0	
		%	12,9%
		Peso Especifico	2,770
		Volumen retenido	190,6
<b>UBICACIÓN</b>			
R.P.A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA			
CALZADA UNICA			
CALZADA			
BASE			
IZQUIERDO			
<b>Resultados</b>			
Porcentaje de Densidad exigida		100%	
Porcentaje de Densidad obtenida		100,8%	
PROVEEDOR	AFEMA S.A. y otros U.T.E.	OBSERVACIONES	
COMITENTE	DIRECCION PROVINCIAL DE VIALIDAD		
LABORATORIO	VILLA RETIRO		
ENCARGADO ENSAYO			

Figura 44: Resultado del Ensayo de Densidad de Base Granular

En la *Figura 45* se muestran los resultados globales de una serie de ensayos tomados entre las progresivas 13+250 y 14+600.

AFEMA S.A. Villa Retiro		Obra Tramo Expediente		Registro 11 del Procedimiento 001 del área de Laboratorio																	
Ruta 111 Km 7,5 Villa Retiro Cba		CONCEDENTE: DIRECCION PROVINCIAL DE VIALIDAD		DENSIDAD (metodo de la arena)																	
Ubicación	Fecha	Esperos	suelo húmedo		% de humedad	Arena total	Resto de arena	Cono	Diferencia	Peso esp arena	Volumen pozo	Peso húmedo Reten. 3/4	% ret. 3/4 en el pozo	Peso Especifico SsS	Volumen Retenido en 3/4	Densidad húmeda	Densidad seca	Densidad seca corregida	Proctor	Proctor corregido	% Densidad Obtenida
			RESAR	RESAR																	
R.P.A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA - BASE Carril: IZQUIERDO prog: 1830-1600 Reg.06180	13/05	21,0	5614	5347	5,0%	7000	2683	1146	3171	1,355	2340	608	11,4%	2,25	266	2,399	2,285		2,290	2,290	99,8%
R.P.A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA - BASE Carril: IZQUIERDO prog: 14100-14350 Reg.06188	14/05	21,0	8392	8116	3,4%	7000	1107	1146	4747	1,355	3503	1672	20,6%	2,71	604	2,395	2,317	2,222	2,310		96,2%
R.P.A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA - BASE Carril: DERECHO prog: 14100-14350 Reg.06189	14/05	20,0	2500	2392	4,5%	7000	4478	1146	1376	1,355	1015	83	3,5%	2,71	30	2,462	2,356		2,315	2,328	101,2%
R.P.A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA - BASE Carril: IZQUIERDO prog: 13800-14050 Reg.06198	16/05	20,0	4387	4198	4,5%	7000	3412	1146	2442	1,355	1802	511	12,2%	2,71	184	2,434	2,329		2,315	2,362	98,6%
R.P.A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA - BASE Carril: DERECHO prog: 14000 Reg.06201	16/05	21,0	4275	4075	4,9%	7000	3530	1146	2324	1,355	1715	401	9,8%	2,71	145	2,493	2,376		2,315	2,363	101,0%
R.P.A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA - BASE Carril: IZQUIERDO prog: 13870 Reg.06202	16/05	20,0	4433	4226	4,9%	7000	3399	1146	2455	1,355	1812	208	4,9%	2,71	75	2,447	2,332		2,315	2,334	99,9%
R.P.A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA - BASE Carril: CENTRAL prog: 3900-4200 Reg.06219	20/05	21,0	5003	4747	5,4%	7000	3149	1146	2705	1,355	1996	496	10,4%	2,71	179	2,506	2,378		2,315	2,355	100,9%
R.P.A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA - BASE Carril: CENTRAL prog: 13350-13470 Reg.06240	23/05	20,0	4711	4508	4,5%	6000	2258	1146	2596	1,355	1916	371	8,2%	2,71	134	2,459	2,353		2,315	2,347	100,3%
R.P.A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA - BASE Carril: DERECHO prog: 13250-12900 Reg.06328	31/05	20,0	6420	6132	4,7%	7000	2280	1146	3574	1,355	2638	350	5,7%	2,71	126	2,434	2,325		2,320	2,342	99,3%
R.P.A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA - BASE Carril: DERECHO prog: 13250-12900 Reg.06328	31/05	20,0	6420	6132	4,7%	7000	2280	1146	3574	1,355	2638	350	5,7%	2,71	126	2,434	2,325		2,320	2,342	99,3%

Figura 45: Resultado [Globales] de Densidad de Base Granular

## ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En la *Figura 45* se puede observar que no todas las densidades allí mostradas, superan el 100 % del grado de compactación exigido.

El pliego especifica que se debe cumplir con la compactación de la capa granular hasta lograr una densidad mayor o igual al 100% del ensayo Proctor AASHTO T-180. La densidad así exigida sería de 2.287 para el 100% de densidad. En dicho caso el valor soporte equivalente para dicho estado es un CBR (Valor soporte) de 129%.

Por otro lado el ensayo establece que el valor soporte adoptado de comparación para el 97 % de la densidad máxima es de 96 %. Este valor es altamente superior al 80% que establece el pliego para el 97% de densidad máxima. Entonces si el pliego especifica un CBR del 80% para una base granular, cualquier grado de densidad máxima superior al 94,3% es aceptable, pero no verifica el grado de compactación.

### 6.3.2. BASE GRANULAR CEMENTADA

Están comprendidos todos los trabajos necesarios para la ejecución de una Base Cementada anti bombeo para los badenes y pavimento de hormigón, según cómputo métrico, según perfil tipo y planos del proyecto, y la provisión de todos los materiales (carga, transporte, descarga, acopio adecuado, etc.)

Como dato ilustrativo se detallan a continuación características de la mezcla propuesta a los fines del proyecto, analizadas cada una de las partes intervinientes en los apartados 5.1.2. y 5.3.:

Arena Silíceas Gruesas	78 %
Suelo Seleccionado	16 %
Cemento Pórtland	6 %

Se propone una capa de 0,15 m de espesor y 7,30 metros de ancho.

El método constructivo comprende el desarrollo de las siguientes etapas:

La superficie de la Subrasante deberá contar con la aprobación de la Inspección previa a la ejecución de la Base Cementada. A los efectos de posibilitar una correcta ejecución de la Base Cementada la misma será ejecutada en una sola capa.

Se deben realizar los trabajos de la compactación en un tiempo no mayor de cuatro (4) horas a partir de haber agregado el cemento Pórtland a la mezcla. Luego se efectuará el quitado del material en exceso mediante moto niveladora y otro equipo adecuado aprobado por la Inspección. Se cuidará que el material removido no vuelva a incorporarse a la capa ni se utilice para reponer espesores. La superficie debe quedar totalmente libre de él, para lo cual se efectuarán los barridos y operaciones que fuese necesario para su total eliminación.

El perfilado se concluirá con pasadas de rodillo neumático liviano o el autorizado por la Inspección, efectuando los riegos de agua que fuera necesario para lograr una correcta terminación. Concluida la operación anterior se procederá de inmediato a curar la capa mediante el riego de curado. A los fines del proyecto se ha supuesto un riego de un 0,9 litro por metro cuadrado, explicado en el apartado [5.8.], pero la Inspección en obra determinará la cantidad correcta a regar, de acuerdo a las necesidades técnicas de la obra. El curado debe efectuarse sobre superficie húmeda pero cuidando que no quede agua libre, para lo cual se efectuarán los riegos necesarios a los efectos de obtener esas condiciones de humedad superficial.

Las Juntas de construcción se efectuarán cortando los bordes de la capa construida en forma preferentemente vertical de tal manera que no haya ningún tipo de superposición entre ésta y la que se deba construir y además se cuidará de que dichas juntas sigan siempre la línea recta.

No se permitirá el tránsito general ni de obra por encima de los tramos concluidos de la Capa. Solamente se admitirá, como excepción la circulación del equipo vial, en secciones cortas, que fuera estrictamente necesario para seguir los trabajos y las pasadas de rodillo neumático antes mencionadas. Dicho equipo no podrá transitar antes de los siete días de concluidas la capa, lapso que podrá ser ampliado por la Inspección, si lo considera conveniente.

## CONDICIONES A CUMPLIR:

Para que dicha capa sea de características deseadas los materiales deben cumplir con los parámetros requeridos, dicho controles se explicaron en el apartado [5. Materiales].

El único detalle que dice el pliego es que se debe alcanzar una resistencia a la compresión de  $25 \text{ Kg/cm}^2 \leq R_c \leq 40 \text{ Kg/cm}^2$  a los 7 días. Además la compactación de la mezcla (Suelo-Arena-Cemento) se exigirá el 100 % de la densidad máxima del ensayo de compactación según norma V.N.E- 19-66 (Diámetro del molde: 4", Pisón: 2,5 Kg; Altura de caída: 30,5 cm.; N° de golpes por capa: 25).

El Cemento Pórtland a emplear será Cemento Pórtland Normal que cumpla con el Pliego de Especificaciones Técnicas Generales.

La determinación de las densidades de compactación en obra se efectuará mediante el método del cono de arena (Norma VNE- 8-66).

El ancho será de 7,30 m y el espesor de 0,15 m. No se admitirán menores que los del perfil tipo.

### ENSAYO DE COMPACTACION DE MEZCLAS DE SUELO-CEMENTO Y SUELO-CAL (VN- E19-66)

#### OBJETO

*Esta norma detalla el procedimiento a seguir para estudiar las variaciones del peso de la unidad de volumen de mezclas de suelo y cemento o cal en función de los contenidos de humedad, cuando se las somete a un determinado esfuerzo de compactación.*

*Permite establecer la Humedad óptima con la que se logra el mayor valor del peso de la unidad de volumen, denominado Densidad Seca máxima.*

#### APARATOS

- Molde de compactación cilíndrico, de acero tratado superficialmente para que resulte inoxidable (cincado, cadmiado, etc.). El diámetro del molde es de 101,6 mm. y su altura 116,6 mm. Está provisto de base y un collar de extensión del mismo diámetro y 60 mm. de altura.
- Pisón de compactación, de acero tratado superficialmente, de 50,8 mm. de diámetro y 305 mm. de carrera siendo su peso de 2,5 kg.
- Aparato mecánico de compactación que permita regular el peso y altura de caída del pisón, pudiendo tener desplazamiento angular el molde o el pisón, (opcional).
- Balanza del tipo "Roberval", de por lo menos 20 kg. de capacidad, con sensibilidad mínima de 1 gramo.
- Balanza de precisión, de 1 kg. de capacidad, con sensibilidad de 0,01 gramo.
- Dispositivo para extraer el material compactado del interior del molde (opcional).
- Espátula de acero, de forma rectangular
- Bandeja de hierro galvanizado de 600 mm. x 400 mm. x 100 mm.
- Cuchillo de acero con borde recto o espátula rígida
- Bandeja de hierro galvanizado de 150 mm. x 150 mm. x 50 mm.
- Tamiz IRAM 19 mm. (3/4")
- Tamiz IRAM 4,8 mm. (N° 4)
- Estufa para secar muestras que asegure temperaturas de 105-110° C.
- Elementos de uso corriente en laboratorio

**PROCEDIMIENTO**

De acuerdo con las características granulométricas del material a ensayar se presentan dos casos:

**MATERIAL FINO**

Se mezcla bien todo el material de la muestra a ensayar para lograr su homogeneización. Se determina la humedad que aún retiene, expresándola en porcentaje del peso del suelo seco ( $H\%$ ).

Se pesa, con la precisión de 1 g. una porción de aproximadamente 3000 gramos y se calcula la cantidad exacta de suelo seco, utilizando la fórmula:

$$P_s = \frac{P_h \times 100}{100 \times H} =$$

Donde:  $P_s$  = Peso de la muestra seco;  $P_h$  = Peso de la muestra secada al aire;  $H$  = Humedad porcentual retenida por la muestra secada al aire.

Se pesa, con la precisión de 1 g., la cantidad de cemento que se incorporará al suelo para obtener la mezcla con el porcentaje de cemento elegido para ejecutar el ensayo. Esta cantidad de cemento, se calcula con la fórmula:

$$P_c = \frac{P_s \times C}{100 - C} =$$

Donde:  $P_c$  = Peso del cemento necesario;  $C$  = Porcentaje de cemento (con respecto a la mezcla) con que se desea ejecutar el ensayo.

Se mezcla cuidadosamente hasta que su aspecto revele uniformidad.

Se agrega el agua necesaria para que, con la existente en el suelo, se alcance una humedad que sea del 4 al 6 % inferior a la prevista como valor de la humedad óptima. Se mezcla bien hasta lograr la uniformidad.

Se verifican las constantes del molde de compactación a emplear en el ensayo Peso del molde ( $P_m$ ) sin collar con base y su volumen interior. Se arma el molde y se lo apoya sobre una base firme. Con una cuchara de almacenero, o cualquier otro elemento adecuado, se coloca dentro del molde una cantidad de material suelto cuya altura sea aproximadamente la mitad de la altura del molde sin collar de extensión.

Con el pisón se aplican 25 golpes uniformemente distribuidos sobre la superficie del suelo. Debe cuidarse que la camisa guía del pisón apoye siempre sobre la cara interna del molde, se mantenga bien vertical y desplazarla después de cada golpe, de manera tal que al término de los 25 golpes se haya recorrido dos o tres veces la superficie total.

Se repiten dos veces más, las operaciones indicadas en los párrafos anteriores poniendo en cada caso la cantidad de mezcla de suelo y cemento necesario para que al terminar de compactar la tercer capa, el molde cilíndrico quede lleno con un ligero exceso (5 a 10 mm.). En caso contrario debe repetirse la operación de compactación.

Se retira con cuidado el collar de extensión. Con una regla metálica se elimina el exceso de material. Se limpia exteriormente el molde con un pincel y se pesa.

Se saca la probeta del molde. Con la cuchilla se desmenuza y se retira una porción que pese por lo menos 100 gramos y sea promedio de las tres capas. Se la coloca en una bandeja, se pesa y seca en estufa a 105°-110°C, hasta peso constante para determinar la humedad ( $h$ ). Se incorpora al material suficientemente desmenuzado, obtenido según el párrafo anterior, el material sobrante de la bandeja. Se agrega agua, en la proporción del 1 al 2 % y se repiten las operaciones indicadas.

Deberá repetirse el proceso indicado en el párrafo anterior, el número de veces que sea necesario hasta obtener dos puntos en los que el peso del suelo húmedo compactado disminuya.

**MATERIAL GRUESO**

Una vez eliminado el material de mayor tamaño que el límite superior especificado, se pasa la muestra sobrante por el tamiz 3/4 y de N° 4.

Se calculan los porcentajes correspondientes a cada una de las tres fracciones en que queda dividida la muestra: (1), material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4") (2), material que pasa por este tamiz y es retenido por el de 4,75 mm. (3), material que pasa por el tamiz IRAM 4,75 mm. (Nº 4). Se toma como 100 % la suma de los pesos de dichas fracciones.

Se pesan separadamente, las cantidades necesarias de las fracciones (2) y (3), con las que se realiza el ensayo, hasta obtener un total de aproximadamente 10 kg. de material.

Se pone en remojo, a fin de saturarlo, al material retenido por el tamiz Nº 4 cuyo peso se determinó en el paso anterior.

Se pesa, con la precisión de 1 g. la cantidad de cemento o de cal que debe incorporarse al total del material a ensayar.

Se coloca el material que pasa el tamiz Nº 4 en una bandeja. Se le adiciona el cemento y se mezcla cuidadosamente hasta que el aspecto resulte uniforme.

Se agrega el agua necesaria para que, sumada a la existencia en esa fracción del material, se alcance una humedad que sea del 4 al 6 % inferior a la prevista como valor de la Humedad óptima y ser mezcla hasta uniformar.

Se incorpora el material retenido por el tamiz Nº 4 en la condición de saturado y a superficie seca. Se mezcla minuciosamente hasta lograr uniformidad.

Se realizan las operaciones de compactación indicadas al igual que para material fino con la salvedad que al enrasar la superficie compactada deben rellenarse con material fino los huecos que quedan al arrancar partículas gruesas.

### **CÁLCULOS y RESULTADOS**

Para cada punto, determinado en la forma descrita en los párrafos anteriores, se calcula:

La humedad porcentual, utilizando la fórmula:

$$H = \frac{Ph - Ps}{Ps - T} =$$

Donde: H = Porcentaje de humedad; Ph' = Peso de la bandeja con el material húmedo; Ps' = Peso de la bandeja con el material seco; T = Peso de la bandeja

La densidad en estado húmedo del material compactado, que se obtiene aplicando la fórmula:

$$Dh = \frac{P}{V} =$$

Donde: Dh = Densidad del material compactado en estado húmedo; P = Peso del material compactado húmedo; V = Volumen interior del molde de compactación

La densidad, en estado seco, del material compactado mediante la expresión:

$$Ds = \frac{Ph \times 100}{100 + H} =$$

Donde: Ds = Densidad del material compactado, en estado seco; Dh = Densidad del material compactado en estado húmedo; H = Humedad en porciento.

En un sistema de ejes coordenados rectangulares, se llevan en abscisas, los valores de humedad porcentual y en ordenadas, los de la densidad en estado seco. Los puntos así obtenidos se unen con un trazo continuo.

Se logra una curva que va ascendiendo con respecto a la densidad, pasa por un máximo y luego desciende. El punto más alto de la curva indica en ordenadas, la densidad máxima en estado seco (Ds) que puede lograrse con la energía de compactación empleada y en abscisas, la humedad óptima (H) que se requiere para alcanzar dicha densidad.

### **OBSERVACIONES**

Antes de ser compactadas, las mezclas de suelo cal utilizadas para este ensayo deberán permanecer en cámara húmeda durante 24 horas y con una humedad de alrededor del 70 a 75 % de la probable humedad óptima.

Cuando se realice el ensayo con cal, se compactarán las probetas con 35 golpes.

En la siguiente *Figura 46*, se muestra el resultado del Ensayo de Dosificación de Cemento de la Base Granular, de una muestra obtenida de un camión, con destino a obra. Se puede observar que para el 6 % de cemento se cumple con la compresión requerida.

AFEMA		SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC) Registro 06 del procedimiento 001 del área de Laboratorio Reg.L.001.29.AF.00113																								
MUESTRA L.001.01		AF 06785	FECHA ELABORACION		31-Jul-2013		ENSAYO A COMPRESION SIMPLE																			
MATERIAL SUELO-CEMENTO																										
PORCENT.: 6% Holcim																										
Probeta Nº	Fecha ensayo	Dias	Diametro	Sección cm <sup>2</sup>	Altura cm	Densidad g/cm <sup>3</sup>	% Humedad	Lect. Dial Div.	Factor aro	Carga Tot. Kg	Rel. h/d	Factor Corr.	Resist. Compresión													
													Kg/Cm <sup>2</sup>	Correg.												
1	31-Jul	7	10,14	80,71	11,76	1,873	14	186	15,91	2959,28	1,16	0,91	36,66	33,46												
2	31-Jul	7	10,14	80,71	11,76	1,905	14	184	15,91	2927,44	1,16	0,91	36,27	33,06												
3	31-Jul	7	10,14	80,71	11,76	1,880	14	186	15,91	2959,28	1,16	0,91	36,66	33,42												
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="2">UBICACION</th> </tr> <tr> <td colspan="2">Extrido de: PLANTA</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>COMPRESION a 7 dias 33,31 Kg/Cm2</b></td> </tr> <tr> <td>PROVEEDOR: CANTERA RUIZ</td> <td>OBSERVACIONES: R.P.A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA. Progresiva 18000 puesto en obra.</td> </tr> <tr> <td>CONCEDENTE: VILLA RETIRO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>LABORATORIO: VILLA RETIRO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ENCARGADO ENSAYO:</td> <td></td> </tr> </table>													UBICACION		Extrido de: PLANTA		<b>COMPRESION a 7 dias 33,31 Kg/Cm2</b>		PROVEEDOR: CANTERA RUIZ	OBSERVACIONES: R.P.A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA. Progresiva 18000 puesto en obra.	CONCEDENTE: VILLA RETIRO		LABORATORIO: VILLA RETIRO		ENCARGADO ENSAYO:	
UBICACION																										
Extrido de: PLANTA																										
<b>COMPRESION a 7 dias 33,31 Kg/Cm2</b>																										
PROVEEDOR: CANTERA RUIZ	OBSERVACIONES: R.P.A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA. Progresiva 18000 puesto en obra.																									
CONCEDENTE: VILLA RETIRO																										
LABORATORIO: VILLA RETIRO																										
ENCARGADO ENSAYO:																										

Figura 46: Dosificación Base Granular Cementada

El Ensayo de Densidad por el método del Cono de Arena se ha explicado en el apartado 6.1.2.. El resultado del ensayo sobre la Base Granular Cementada se muestra en la *Figura 47*.

AFEMA S.A. Villa Retiro		SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC) Registro 11 del Procedimiento 001 del área de Laboratorio L.001.11.LD.000																																																																											
MUESTRA L.001.01.AF.07080		FECHA ELABORACION		FECHA ENSAYO		DENSIDAD																																																																							
MATERIAL SUELO-CEMENTO																																																																													
<table border="1"> <tr> <th>Datos Generales</th> <td>Progresiva:</td> <td>20200-20300</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Espesor de capa:</td> <td>15</td> </tr> </table>		Datos Generales	Progresiva:	20200-20300		Espesor de capa:	15	<table border="1"> <tr> <th>Material del pozo</th> <td>Peso Húmedo</td> <td>2667,0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Peso seco</td> <td>2358,1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>% Humedad</td> <td>13,1%</td> </tr> </table>		Material del pozo	Peso Húmedo	2667,0		Peso seco	2358,1		% Humedad	13,1%	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Datos para determinar Humedad</th> </tr> <tr> <td>Pf + Sh</td> <td>1000,0</td> </tr> <tr> <td>Pf + Ss</td> <td>884,2</td> </tr> <tr> <td>Pesafiltro</td> <td></td> </tr> </table>		Datos para determinar Humedad		Pf + Sh	1000,0	Pf + Ss	884,2	Pesafiltro		<table border="1"> <tr> <th>Datos de la arena</th> <td>Arena total</td> <td>7000,0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Resto de arena</td> <td>4173,0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Cono</td> <td>1146,0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Diferencia</td> <td>1681,0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Peso Especifico</td> <td>1,355</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Volumen Pozo</td> <td>1240,6</td> </tr> </table>		Datos de la arena	Arena total	7000,0		Resto de arena	4173,0		Cono	1146,0		Diferencia	1681,0		Peso Especifico	1,355		Volumen Pozo	1240,6	<table border="1"> <tr> <th>Densidades</th> <td>Densidad húmeda</td> <td>2,150</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Densidad seca</td> <td>1,901</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Densidad seca corregida</td> <td></td> </tr> </table>		Densidades	Densidad húmeda	2,150		Densidad seca	1,901		Densidad seca corregida		<table border="1"> <tr> <th>Proctor</th> <td>Proctor</td> <td>1,899</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Proctor corregido</td> <td></td> </tr> </table>		Proctor	Proctor	1,899		Proctor corregido		<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Mat. Retenido 3/4"</th> </tr> <tr> <td>%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Especifico</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volúmen retenido</td> <td></td> </tr> </table>		Mat. Retenido 3/4"		%		Peso Especifico		Volúmen retenido	
Datos Generales	Progresiva:	20200-20300																																																																											
	Espesor de capa:	15																																																																											
Material del pozo	Peso Húmedo	2667,0																																																																											
	Peso seco	2358,1																																																																											
	% Humedad	13,1%																																																																											
Datos para determinar Humedad																																																																													
Pf + Sh	1000,0																																																																												
Pf + Ss	884,2																																																																												
Pesafiltro																																																																													
Datos de la arena	Arena total	7000,0																																																																											
	Resto de arena	4173,0																																																																											
	Cono	1146,0																																																																											
	Diferencia	1681,0																																																																											
	Peso Especifico	1,355																																																																											
	Volumen Pozo	1240,6																																																																											
Densidades	Densidad húmeda	2,150																																																																											
	Densidad seca	1,901																																																																											
	Densidad seca corregida																																																																												
Proctor	Proctor	1,899																																																																											
	Proctor corregido																																																																												
Mat. Retenido 3/4"																																																																													
%																																																																													
Peso Especifico																																																																													
Volúmen retenido																																																																													
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="2">UBICACION</th> </tr> <tr> <td colspan="2">R.P.A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA</td> </tr> <tr> <td colspan="2">CALZADA UNICA CALZADA BASE IZQUIERDO</td> </tr> <tr> <td>PROVEEDOR: AFEMA S.A. y otros U.T.E.</td> <td>OBSERVACIONES:</td> </tr> <tr> <td>COMITENTE: DIRECCION PROVINCIAL DE VIALIDAD</td> <td></td> </tr> <tr> <td>LABORATORIO: VILLA RETIRO</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ENCARGADO ENSAYO:</td> <td></td> </tr> </table>													UBICACION		R.P.A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA		CALZADA UNICA CALZADA BASE IZQUIERDO		PROVEEDOR: AFEMA S.A. y otros U.T.E.	OBSERVACIONES:	COMITENTE: DIRECCION PROVINCIAL DE VIALIDAD		LABORATORIO: VILLA RETIRO		ENCARGADO ENSAYO:																																																				
UBICACION																																																																													
R.P.A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA																																																																													
CALZADA UNICA CALZADA BASE IZQUIERDO																																																																													
PROVEEDOR: AFEMA S.A. y otros U.T.E.	OBSERVACIONES:																																																																												
COMITENTE: DIRECCION PROVINCIAL DE VIALIDAD																																																																													
LABORATORIO: VILLA RETIRO																																																																													
ENCARGADO ENSAYO:																																																																													
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="2">Resultados</th> </tr> <tr> <td>Porcentaje de Densidad exigida</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>Porcentaje de Densidad obtenida</td> <td>100,1%</td> </tr> </table>													Resultados		Porcentaje de Densidad exigida	100%	Porcentaje de Densidad obtenida	100,1%																																																											
Resultados																																																																													
Porcentaje de Densidad exigida	100%																																																																												
Porcentaje de Densidad obtenida	100,1%																																																																												

Figura 47: Resultado de Ensayo de Densidad Base Granular Cementada

Además también se muestran los resultados globales de densidades en un tramo de la Ruta A-174. En la *Figura 48* se puede apreciar el resultado.

AFEMA S.A. Villa Retiro		Obra Tramo		Registro 11 del Procedimiento 001 del área de Laboratorio																	
Ruta 111 Km 7,5 Villa Retiro Cba		Expediente																			
Ubicación	Fecha	Esperos	DIRECCION PROVINCIAL DE VIALIDAD										DENSIDAD (metodo de la arena)								
			suelo húmedo	suelo seco	% de humedad	Arena total	Resto de arena	Cono	Diferencia	Peso esp arena	Volumen pazo	Peso húmedo Reten. 3/4	% ret. 3/4 en el pazo	Peso Especifico S&S	Volumen Retenido en 3/4	Densidad húmeda	Densidad seca	Densidad seca corregida	Proctor	Proctor corregido	% Densidad Obtenida
R.P A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA - BASE Carril: DERECHO prog. 17430 Reg.06335	30/05	20,0	3088	2760	11,9%	7000	3901	1146	1953	1,355	1441						2,142	1,915		1,898	100,9%
R.P A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA - BASE Carril: DERECHO prog. 17480 Reg.06337	31/05	20,0	3320	2999	10,7%	7000	3720	1146	2134	1,355	1575						2,108	1,904		1,898	100,3%
R.P A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA - BASE Carril: DERECHO prog. 17520 Reg.06340	01/06	20,0	3755	3353	12,0%	7000	3450	1146	2404	1,355	1774						2,116	1,890		1,898	99,6%
R.P A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA - BASE Carril: DERECHO prog. 17600 Reg.06390	07/06	18,0	2770	2502	10,7%	7000	4066	1146	1788	1,355	1320						2,099	1,896		1,900	99,8%
R.P A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA - BASE Carril: DERECHO prog. 17550-17630 Reg.06392	07/06	18,0	2761	2494	10,7%	7000	4066	1146	1788	1,355	1320						2,092	1,890		1,901	99,4%

Figura 48: Resultados [Globales] de Ensayo Densidad Base Granular Cementada

Se han tomado testigos calados en obra para verificar la resistencia final. En la *Figura 49*, se muestra el resultado de un ensayo de compresión simple.

DIRECCION PROVINCIAL DE VIALIDAD CONTROL DE CALIDAD																	
DESTINO : Rehabilitación Ruta Provincial A-174																	
ENSAYO DE COMPACTACION DE MEZCLAS DE SUELO CEMENTO															NORMA DE ENSAYO V.N.E 19-66		
TESTIGOS CALADOS DE (CAMINO)							ENSAYO A LA COMPRESION SIMPLE							EXIGENCIA PLIEGO			
Muestra N°	Progresivas	Lado	Edad	Prob. N°	Fecha de Ejecucion	Fecha de Rotura	Esnesor De La Capa Cm	Esnesor De Rotura	Diámetro Del Testigo	Relacion Altura Diámetro	Lectura dial	Factor Del Aro	Carga Kgrs	Seccion Probeta	Resist. Kg	Factor De Correccion	Resistencia CORREGIDA Kgs/cm²
1	20,320	I.D	10	1	03/09/13	13/09/13	20,2	10,71	9,64	1,11	165	15,910	2625,15	76,67	34,24	0,903	30,9
OBSERVACIONES : PLANILLA MODELO TESTIGOS SUELO CEMENTO CALADAS																	

Figura 49: Resultado del Ensayo de Compresión simple de Testigos Base Granular Cementada

### ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Si bien no en todos los casos se logra la compactación exigida por pliego, que es del 100% de densidad máxima, los valores están muy cerca. El fin del grado de compactación exigido para la capa es para que la misma no sea una capa de material suelto, sino que tenga un cierto grado de compactación, el cual será necesario para obtener la resistencia a la compresión.

El factor limitante es la resistencia, que este sí se cumple. Este dependerá del grado de compactación y el tenor de cemento. Si el material no fuera correctamente compactado, la compresión nunca se obtendría, por más cemento que dicha mezcla presente.

Podemos decir, que los valores obtenidos son satisfactorios, obteniendo una resistencia a la compresión simple de 33,31 kg/cm<sup>2</sup>, que está dentro del rango de aceptación. Además el resultado del testigo también arroja un valor positivo de 30,9 kg/cm<sup>2</sup>.

### 6.3.3. BASE NEGRA ASFALTICA

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

La Base Negra proyectada deberá cumplir las especificaciones ya antes mencionados en el apartado 5.1. *Materiales*. Los materiales a emplear son:

- Piedra Triturada (6-25 mm)
- Arena de Trituración (0-6 mm)
- Arena Silíceo
- Cemento Asfáltico

#### CONDICIONES A CUMPLIR:

- Los límites granulométricos dentro de los cuales deberá encuadrarse la mezcla de los agregados minerales de la “fórmula de obra” serán los siguientes:

TAMIZ	% QUE PASA
1 ½	100
1”	90 - 100
3/4”	80 - 95
Nº 8	30 - 45
Nº 200	2 - 6

La curva correspondiente a la mezcla de los agregados deberá ser cóncava y no presentar quiebres ni inflexiones.

- La arena silíceo no deberá intervenir en proporción superior al 25 % en la mezcla total.
- La relación filler-betún deberá cumplir con:

$$\frac{C}{C_s} = \text{menor a } 1$$

Siendo: C = Concentración en volumen del filler en el sistema “filler-betún” (considerándose filler a la fracción de la mezcla de áridos que pasa el tamiz Nº 200);  
Cs = Concentración crítica de filler.

- Los Valores Marshall a cumplir son los límites que se dan a continuación y que serán de cumplimiento para la mezcla asfáltica están referidos al Ensayo Marshall Norma de Ensayo (VN E-9-86) 75 golpes.

- |                                   |                           |
|-----------------------------------|---------------------------|
| • Estabilidad mínima              | 600 Kg                    |
| • Fluencia                        | 2 - 4,5 mm                |
| • Vacíos totales                  | 3 - 7 %                   |
| • Relación betún-vacíos           | 65 - 75 %                 |
| • Relación Estabilidad - Fluencia | 1.800 Kg/cm - 4.000 Kg/cm |
| • Estabilidad Residual            | mayor 75 %                |

- Habrá que hacer el ensayo de Estabilidad Remanente de la mezcla bituminosa que deberá responder a la exigencia del ensayo establecido en la Norma (VN E-32-7).

Caso que la Estabilidad Remanente arroje valores comprendidos entre 75 y 65 % se comunicará por escrito al Contratista el resultado del ensayo, advirtiéndole que resultados por debajo de 65 % implicará el rechazo de la obra y la no certificación de los trabajos. El tramo en cuestión quedará en observación hasta la recepción definitiva a los efectos de detectar eventuales fallas en el comportamiento de la mezcla.

- Se deberá controlar la “Formula de Obra” y verificar las tolerancias granulométricas y del contenido de asfalto. La “fórmula de obra” aprobada será controlada durante el proceso constructivo a los efectos de constatar si cumple con las especificaciones precedentes y con las tolerancias que se detallan a continuación:

- Tolerancias granulométricas de los agregados minerales:

Desde el tamiz de mayor abertura al 3/8” (9 mm.) inclusive	+/- 5 %
Desde el tamiz N° 4 al N° 10 inclusive :	+/- 4 %
Desde el tamiz N° 40 al N° 100 inclusive :	+/- 3 %
Tamiz N° 200 :	+/- 2 %

- Tolerancia en el contenido de asfalto:

Tolerancia porcentual: +/- 0.20 %

- Exigencia de Compactación:

La densidad a obtener en obra no deberá ser inferior a 97 % de la correspondiente al ensayo descrito en la Norma “Ensayo Marshall” (VN E-9-86).

- Tolerancia en el espesor de la capa y ancho de la misma:

El espesor de la Base Negra en la generalidad de la obra será de (teórico 0,12 m) en dos capas de 0,06 m y tendrán una tolerancia en menos o en más de 0,004 m. es decir, deberá situarse entre 0,056 m y 0,064 respectivamente. No se admitirán anchos inferiores a los proyectados. El ancho según perfil tipo es de 7,50 m la primer capa y de 7,30 la segunda.

#### ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUENCIA POR EL MÉTODO MARSHALL (VN-E9-86)

*Esta norma detalla el procedimiento a seguir para la determinación de la estabilidad y la fluencia de mezclas asfálticas por el método Marshall. Es aplicable únicamente a mezclas preparadas en caliente, utilizando cemento asfáltico como ligante y como inerte agregados pétreos de tamaño máximo 25 mm o menor.*

*Cuando los agregados retengan en el tamiz IRAM 25 mm (1”) hasta un 10 % de material el mismo será incorporado a la mezcla en la proporción que indique su respectiva granulometría.*

*Estabilidad Marshall, de una mezcla asfáltica es la carga máxima en Kg. que soporta una probeta de 6,35 cm. de altura y 10,16 cm. de diámetro cuando se lo ensaya a una temperatura dada, cargándola en sentido diametral a una velocidad de 5,08 cm/minuto en la forma que se indica en la presente norma.*

*Fluencia Marshall*, es la deformación total expresada en mm que experimenta la probeta desde el comienzo de la aplicación de carga en el ensayo de estabilidad, hasta el instante de producirse la falla.

### **APARATOS**

- *Moldes de compactación: cilíndricos, de acero, de 101,6 mm. de diámetro interno y 76,2 mm. de altura, provistos de base y collar de prolongación adaptable a ambos extremos del molde*
- *Pisón de compactación manual: de acero, que consiste esencialmente en una zapata circular de 33,4 mm. de diámetro, en la que golpea un pilón de 4,540 Kg. que se desliza por una guía que limita su carrera a 457 mm.*
  - *Tamices: La serie completa de tamices de la Norma IRAM o la establecida en el Pliego de Especificaciones de la obra con su correspondiente tapa y fondo.*
- *Balanza: De 2 Kg. de capacidad sensible al 0,1 gr.*
- *Balanza: De 10 Kg. de capacidad sensible al gramo.*
- *Pedestal de compactación: Se usa para apoyo del molde durante el proceso de compactación, está constituido por un poste de madera dura de 20 cm. x 20 cm. de altura firmemente anclado mediante cuatro hierros ángulos a una base de hormigón apoyada sobre suelo firme o sobre un bloque de hormigón si el ensayo se efectúa en un piso de un edificio.*
- *Recipiente: para calentar el cemento asfáltico.*
- *Recipiente: para mezclar los agregados con el cemento asfáltico.*
- *Baño de agua caliente: Equipado con sistema de calentamiento termostáticamente controlado, que permita mantener el agua colocada a una temperatura de 60° C. ± 0,5 °C. durante 24 horas.*
- *Extractor de probetas: para retirarlas del molde de compactación.*
- *Estufa: equipada con sistema de calentamiento termostáticamente controlado, que permita regular temperaturas entre 35° C. y 250° C. ± 2° C. para calentar y secar los agregados pétreos y los moldes de compactación.*
- *Mordaza: de acero para la aplicación de las cargas durante el ensayo*
- *Comparador extensométrico: con dial dividido en 1/100 de pulgada, o en 1/100 de centímetro para medir fluencia, carrera total 25 mm.*
- *Termómetro: con escala hasta 200° C. y sensibilidad de 1° C. para medir temperaturas de la mezcla asfáltica.*
- *Termómetro: Con escala de 57 a 65° C. y sensibilidad al 0,1° C. para medir temperaturas en el baño de agua caliente.*
- *Prensa de ensayo: de accionamiento eléctrico o manual que permita aplicar cargas de hasta 3000 Kg. con velocidad de avance constante e igual a 50,8 mm./minuto. Provista de aro dinamométrico de 3.000 Kg. de capacidad con comparador extensométrico, con dial dividido en 0,1 mm. Para medir cargas-Carrera del comparador extensométrico 10 mm.*
- *Elementos varios: de uso corriente, espátulas metálicas, cucharón de albañil, cuchara de almacenero, guantes de amianto, guantes de goma, pinzas, tiza, grasa para marcar probetas, calibre, etc.*

### **PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**

*Se obtendrán representativas de los agregados a utilizar en la elaboración de la mezcla. Por lo tanto el o los agregados gruesos que intervienen en la mezcla de áridos no tendrán partículas de tamaño mayor de 25 mm.*

*Se efectuarán para cada uno de los agregados que intervienen en la mezcla los ensayos de granulometría correspondiente por vía seca y vía húmeda, determinando además el peso específico del agregado seco de cada agregado y el peso específico aparente del relleno mineral*

*Los agregados a utilizar en la preparación de la mezcla, incluido el relleno mineral si fuera necesario, se secarán separadamente en estufa a una temperatura comprendida entre 105° - 110° C. hasta constancia de peso. Una vez secos los agregados, se separarán mediante tamizado cada uno de ellos en distintas fracciones granulométricas delimitadas por pares de tamices. De acuerdo a las proporciones con que cada agregado intervenga en la mezcla final,*

se determinarán las cantidades necesarias de las fracciones de cada agregado pétreo y del relleno mineral, si fuera necesario para la ejecución de la probeta.

La probeta tendrá una vez compactada 101,6 mm. de diámetro y 63,5 mm. de altura con una tolerancia en la altura de  $\pm 3$  mm. La cantidad de mezcla asfáltica necesaria para obtener estas dimensiones varía entre 1000 y 1300 gr. de acuerdo con los pesos específicos de los agregados pétreos y la granulometría de los mismos.

$$P = \frac{63.5 \text{ mm} \times P_i}{H} =$$

Siendo:  $P$  = Peso total de mezcla corregida;  $P_i$  = Peso de mezcla utilizada para ejecutar la probeta de prueba;  $H$  = Altura de la probeta en mm

### PREPARACIÓN DEL PASTÓN

Se pesan las cantidades necesarias de las fracciones de cada agregado y del relleno mineral si fuera necesario para la ejecución de una probeta, se coloca en una bandeja o recipiente adecuado y se calientan en estufa hasta que la mezcla de ambos alcance una temperatura comprendida entre los límites establecidos para el asfalto, según indica el apartado siguiente, incrementados en 15° C, manteniéndose como mínimo en (2) horas a esta temperatura.

Se calienta el cemento asfáltico durante 30 o 40 minutos en estufa a una temperatura tal que la viscosidad Saybolt – Furol caiga dentro de los rangos siguientes:

90 – 110 seg para mezclas finas o mezclas gruesas con agregados porosos.

150 – 170 seg para mezclas gruesas con agregados no porosos.

Si no se conoce la viscosidad del cemento asfáltico a utilizar:

Mezclas finas y mezclas gruesas con agregados porosos.

Rango de penetración Proveedor YPF

40 – 50 165 – 170° C.

70 – 100 155 – 160° C.

150 – 200 150 – 155° C.

Mezclas gruesas con agregados no porosos.

Rango de penetración Proveedor YPF

40 – 50 155 – 160° C.

70 – 100 145 – 150° C.

150 - 200 130 – 145° C.

Se retira de la estufa la bandeja conteniendo los agregados y el relleno mineral y se vuelca rápidamente el contenido en el recipiente de fondo semiesférico calentando previamente a la misma temperatura del agregado. Se mezcla íntimamente y finalmente se forma un hoyo en el centro de la mezcla de áridos para recibir el cemento asfáltico.

Se vierte la cantidad calculada de cemento asfáltico en el hoyo formado a ese efecto con el total de agregados, dentro del recipiente semiesférico. Se mezcla el contenido de cemento asfáltico y agregados con el cucharón, lo más rápidamente posible y con la necesaria intensidad como para obtener una mezcla íntima y uniforme en un tiempo no mayor de dos minutos. Al terminar esta operación la temperatura de la mezcla debe estar comprendida entre los límites establecidos para el C.A.

Si la temperatura de la mezcla resultara inferior al límite deberá desecharse la mezcla y prepararse un nuevo pastón. En ningún caso se admite el recalentamiento durante o después del mezclado. Si la temperatura de la mezcla fuera superior al máximo, se removerá cuidadosamente la misma hasta obtener que la temperatura caiga dentro de los límites establecidos.

### MOLDEO DE LA PROBETA

Antes de proceder al modelo de la probeta se prepara el molde de compactación y el pisón de compactación limpiando con nafta o kerosene el molde y la zapata del pisón y calentándolos luego en estufa a una temperatura comprendida entre 100° y 150° C durante 30 minutos. Se retira de la estufa y se arma el molde colocándole la base y el collar de extensión y se introduce un disco de papel de filtro u otro papel absorbente hasta el fondo del molde. Se coloca rápidamente con la cuchara de almacenero el total de la mezcla en el interior del molde,

se acomoda aplicando 15 golpes con una espátula caliente distribuidos alrededor del perímetro de la probeta y 10 golpes en su interior, y se nivela la superficie del material.

Se coloca el molde sobre el pedestal de compactación y se lo sujeta con el aro de ajuste. Se apoya sobre la mezcla la zapata del pisón de compactación y se aplican 50 ó 75 golpes según esté especificado, a caída libre, cuidando que el vástago del pisón se mantenga bien vertical. Se retira el molde del dispositivo de ajuste y se invierte la posición de la base y del collar de extensión. Se ajusta nuevamente el molde sobre el pedestal de compactación se aplica el mismo número de golpes, a la capa inferior de la probeta

Terminada la compactación de la probeta se retira el molde del pedestal y sin la base y el collar de extensión se coloca el molde en un recipiente con agua fría durante 3 ó 4 minutos. Se retira luego el agua, se le coloca nuevamente el collar de extensión y con el extractor se retira la probeta del molde. Extraída la probeta del molde se identifica designándola con letras o números escritos en cada cara con la tiza grasa. Hecho esto se coloca sobre una superficie lisa y bien ventilada.

Debe moldearse un mínimo de tres probetas por cada % de C. A. repitiendo exactamente las operaciones indicadas anteriormente.

### **EJECUCIÓN DEL ENSAYO**

Las probetas se ensayarán recién el día siguiente de efectuada su elaboración.

Se determina la altura de cada probeta por medición directa mediante un calibre de 0,1 mm de aproximación con el que se miden la altura correspondiente a los extremos de dos diámetros perpendiculares entre sí. El promedio aritmético de las cuatro lecturas da la altura de la probeta. Se pesan las probetas y se determina a continuación el peso unitario de probetas de mezclas asfálticas. Se sumergen las probetas en el baño de agua a la temperatura de  $60^{\circ} C \pm 0,5^{\circ} C$ , manteniéndolas sumergidas sobre un período de tiempo comprendido entre 30 y 40 minutos.

Las probetas se ensayan aplicando las cargas en sentido diametral por medio de un dispositivo compuesto de dos mordazas semicirculares. Comprobando que las superficies interiores de los arcos de las mordazas tienen la forma correcta y están perfectamente limpias y las varillas guías bien lubricadas se retira del baño termostático la probeta a ensayar, cuidando de no deteriorarla con golpes o excesiva presión de los dedos, y se coloca sobre la mordaza inferior centrándola exactamente, insertando luego en las varillas guías la mordaza superior. Se lleva, el conjunto a la prensa de ensayo y se acciona suavemente la manivela o el motor hasta notar que el compactador extensométrico de carga comienza a moverse. Se ajusta entonces el comparador extensométrico de deformaciones llevando se lectura a 0.

Inmediatamente se hace funcionar el motor de la prensa o se acciona la manivela si es manual, cuidando que la velocidad de aplicación de las cargas se mantenga constante a razón de 50,8 mm./minuto hasta el instante en que el comparador extensométrico de carga se detiene o invierte su marcha. Se lee en ese momento el máximo alcanzado. Este valor expresado en kilogramos es la carga de rotura de la probeta ensayada, que servirá para calcular el valor de la estabilidad. En el mismo instante que la probeta alcanza la máxima carga debe leerse en el dial indicador del comparador extensométrico de deformaciones, la deformación total sufrida por la probeta. Este valor expresado en mm determina la fluencia de la probeta.

Desde el momento en que se extrae la probeta del baño de agua caliente hasta el fin del ensayo, no debe transcurrir un período de tiempo superior a los 30 segundos.

Si se utiliza una prensa con aro dinamométrico para el registro de cargas, debe calibrarse el aro determinándose el factor correspondiente, es decir el número de kilogramos necesario para deformarlo en una magnitud igual a la unidad del extensómetro de que está provisto. El producto de este factor por la lectura registrada en el extensómetro de la carga total en kilogramos. Si la altura de la probeta fuera la normal, igual a 63,5 mm. el valor de la estabilidad sería directamente la carga de rotura medida en el comparador extensométrico. La altura de las probetas estará comprendida entre 60,5 y 66,5 mm. Por lo tanto, debe referirse la estabilidad a la altura normal de 63,5 mm multiplicando la carga total hallada por el factor de corrección

Entonces:

$$\text{Estabilidad} = L1 \times K1 \times K2$$

Donde: L1= Lectura en el dial del comparador extensométrico de carga; K1= Factor de equivalencia en Kg. del aro; K2= Factor de corrección extraído de la Tabla

Altura de la probeta en mm.	Factor de corrección (K2)	CURVA DE ENSAYO MARSHALL	Altura de la probeta en mm.	Factor de corrección (k2)
25,4	5,56		60,5	1,09
27,0	5,00		60,7	1,08
28,6	4,55		61,0	1,07
30,2	4,17		61,2	1,06
31,8	3,85		61,5	1,05
33,3	3,57		61,7	1,04
34,9	3,33		62,2	1,03
36,5	3,03		62,6	1,02
38,1	2,78		63,1	1,01
39,7	2,50		63,5	1,00
Altura de la probeta en mm.	Factor de corrección (K2)		Altura de la probeta en mm.	Factor de corrección (K2)
41,3	2,27		63,9	0,99
42,9	2,08		64,4	0,98
44,5	1,92		64,8	0,97
46,0	1,79		65,3	0,96
47,6	1,67		65,8	0,95
49,2	1,56		66,3	0,94
50,8	1,47		66,6	0,93
52,4	1,39		67,0	0,92
54,0	1,32	68,3	0,89	
55,6	1,25	69,9	0,86	
57,2	1,19	71,4	0,83	
58,7	1,14	73,0	0,81	
		74,6	0,78	
		76,2	0,76	

Las probetas preparadas en el laboratorio deberán ser moldeadas cuidando que su altura caiga dentro de las tolerancias. Se han ampliado los límites de aplicación del factor de corrección por altura, con el único fin de permitir determinar la estabilidad corregida de probetas extraídas directamente de pavimentos construidos, las cuales deberán tener el diámetro normalizado (101,6 mm) para ser ensayadas.

### CÁLCULOS

Densidad Máxima Teórica de la mezcla: (DT) (Método de Rice - Norma de Ensayo VN-E27-84)

Vacíos de la mezcla compactada (V): Expresado en porcentaje del volumen total indica la diferencia entre la densidad teórica y la real para el estado de compactación alcanzado. Se calcula por la fórmula siguiente:

$$V = 100 \left( 1 - \frac{d}{DT} \right) =$$

Donde: d = Peso unitario de probeta de mezcla asfáltica compactada; DT = Densidad teórica

Vacíos del Agregado Mineral (VAM): Expresado en porcentaje del volumen total, representa el volumen de vacíos existentes en el agregado mineral al estado de densificación alcanzado. Parte de volumen de vacíos está ocupado por el C. A. Se calcula con la fórmula siguiente:

$$VAM = V + (d \times CA) =$$

Donde: V = Vacíos de la mezcla compactada; d = Peso unitario de la probeta de mezcla asfáltica compactada; C. A = Porcentaje en peso de CA que interviene en la mezcla considerando el peso específico del CA igual a 1.

Relación Betún - Vacíos (RBV): Expresa el porcentaje de los vacíos del agregado mineral ocupado por el cemento asfáltico en la mezcla compactada. Se calcula por la fórmula siguiente:

$$RBV = \frac{100 \times d \times CA}{VAM} =$$

Los valores de la Estabilidad, Fluencia, Vacíos de la mezcla compactada, Vacíos del agregado mineral y Relación Betún - Vacíos, se expresan como el promedio aritmético de los valores individuales obtenidos para cada probeta de la serie de % de C. A ensayados.

En un ensayo normal, la dispersión de los resultados individuales de cada probeta, con respecto al promedio aritmético está dentro de los siguientes límites:

Estabilidad: +10 %

Fluencia: +20 %

Peso unitario de probeta  
de mezcla asfáltica compactada: +1 %

Si uno de los tres valores obtenidos se alejara marcadamente de los límites indicados en el apartado anterior, deberá ser descartado, calculando los promedios aritméticos con los dos restantes únicamente.

### **DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO ÓPTIMO DE LIGANTE**

Cuando se utilice el método Marshall para la determinación del contenido óptimo de ligante para una mezcla de áridos de una composición y granulometría determinadas, se prepararán series de probetas con contenidos crecientes de ligante, realizando tantas series como sean necesarias para que, el menos, se tengan dos contenidos de ligante por encima y otros dos por debajo del óptimo, siguiendo el procedimiento de fabricación y ensayo descrito en esta norma.

Con los valores medios de la estabilidad, deformación, densidad relativa y diferentes contenidos de vacíos, se dibujarán para cada porcentaje de ligante los siguientes gráficos:

Estabilidad en Kg.	% de ligante
Fluencia en mm.	% de ligante
Densidad relativa en Kg. /dm <sup>3</sup>	% de ligante
% de vacíos en mezcla	% de ligante
R.B.V en %	% de ligante
% de vacíos en áridos (VAM)	% de ligante

Se considera que el porcentaje óptimo de asfalto no debe seguir, solamente, de un simple promedio aritmético de valores óptimos, o de un valor individual de una determinada curva, sino de una evaluación racional del conjunto de curvas que representan las características volumétricas y mecánicas de la mezcla versus el porcentaje de cemento asfáltico.

En general, el criterio más lógico consiste en seleccionar el porcentaje de asfalto que se encuentre más próximo al valor mínimo de la curva VAM - % ligante (valor éste a su vez superior al valor mínimo indicado en el ap. 9-6-5 para el tamaño máximo nominal del árido empleado en la mezcla) y al valor máximo de Estabilidad, debiendo cumplir además con los valores límites exigidos para la Estabilidad, Vacíos de la Mezcla y Fluencia. El porcentaje óptimo de cemento asfáltico a adoptar deberá ser el valor máximo que cumpla con estos requisitos básicos.

### **CONTROL DE PRODUCCIÓN**

Este método de ensayo es también aplicable al control de calidad de la producción diaria de la mezcla elaborada por una planta asfáltica durante la ejecución de la obra. Permite establecer la relación de Estabilidad de un juego de probetas compactadas de una mezcla de áridos producidos por la planta a la que se le adiciona en el laboratorio el relleno mineral y el cemento asfáltico obtenidos simultáneamente cuando se extrae la mezcla de áridos y otro juego de probetas compactadas de una mezcla completa producida por la planta, ambas mezclas asfálticas serán compactadas y ensayadas por el método Marshall, descrito en esta Norma de Ensayo. La diferencia entre el promedio de la estabilidad de las probetas del primer juego, no diferirá en más del 10% del promedio de la estabilidad de las probetas del segundo juego. La fluencia y el porcentaje de vacíos de ambos juegos de probetas deberán estar comprendidos dentro de los límites especificados.

Establecido que la planta asfáltica, que se trata, trabaja a su régimen normal, se obtendrán en la boca de salida de la mezcladora muestras representativas de la mezcla que se está elaborando.

Para obtener la muestra de la mezcla de áridos o la de la mezcla completa producida por la planta, se hará descargar sobre un camión un pastón, sin asfalto o con asfalto, según sea el caso, si se trata de una planta por pesada ó 1 tonelada de mezcla aproximadamente si la planta es continua.

Para efectuar las probetas correspondientes al primer juego mencionado, se extrae del pastón sin asfalto una muestra representativa del mismo de aproximadamente 25 Kg. Por cuarteo se extrae una muestra para realizar el ensayo granulométrico de la mezcla de los áridos. De esta forma se controla si la dosificación de los silos en caliente es la correcta. Del

resto de la muestra se extrae por cuarteo material suficiente para que al agregarle el correspondiente porcentaje en peso de filler y de cemento asfáltico se pueda obtener una probeta compactada de 63,5 mm.  $\pm$  3 mm. de altura. De esta forma se elabora una serie de 3 probetas. Para determinar la Densidad Teórica Máxima (Método O. Rice) se prepara una muestra en las mismas condiciones que lo indicado para moldear las probetas. Con el valor obtenido en el ensayo citado se calculan las relaciones volumétricas de la mezcla compactada. Moldeadas las probetas, se ensayan las mismas cuidando de cumplir con todas las indicaciones establecidas.

Para moldear las probetas correspondientes al 2º juego, citado anteriormente, se extrae del pastón una muestra representativa de la mezcla completa producida por la planta y se coloca en el recipiente y se lleva al laboratorio de la obra. Por cuarteo se extrae una muestra para efectuar el ensayo de extracción de asfalto y granulometría de los áridos, controlándose de esta forma el % de CA colocado y la granulometría de los agregados pétreos. Del resto de la muestra se separa por cuarteo material suficiente para obtener una probeta compactada de 63,5 mm.  $\pm$  3 mm de altura. Se conforma una serie de 3 probetas. También se separa una muestra para determinar la Densidad Teórica Máxima (Método J. Rice). Con el valor obtenido en el ensayo citado se calculan las relaciones volumétricas de la mezcla compactada. Ejecutadas las probetas, se realiza el ensayo de las mismas cuidando de cumplir con todas las indicaciones establecidas.

### **CONTROL DE OBRAS TERMINADAS**

También es de aplicación este ensayo para el contralor de bases o carpetas de mezclas en planta en caliente con cemento asfáltico recién construidas o después de larga exposición al tránsito.

Para realizar este estudio se extraerán probetas del pavimento de concreto asfáltico terminado con la maquina extractora de probetas de 101,6 mm de diámetro y del espesor del pavimento. Deberá ponerse especial cuidado de que las probetas obtenidas tengan sus caras laterales bien lisas y uniformes para lo cual deberá cuidarse que la máquina esté en perfectas condiciones de funcionamiento y que la extracción se realice a temperaturas ambiente lo más bajas posibles.

Obtenidas las probetas se ensayan estableciéndose los valores de estabilidad y fluencia Marshall del pavimento en estudio. También en este caso se deberá determinar previamente el peso unitario de probeta de mezcla asfáltica compactada.

Adyacente a la zona de pavimento donde se ha extraído la probeta se retirará del mismo un bloque de concreto asfáltico, de aproximadamente 30 cm x 30 cm x el espesor del pavimento, para determinar el porcentaje de CA de la mezcla, la granulometría del inerte y la Densidad Teórica Máxima (Método J. Rice) para calcular las relaciones de volumen de los materiales de la mezcla asfáltica compactada.

### **ENSAYO DE PÉRDIDA DE LA ESTABILIDAD MARSHALL POR EL EFECTO DEL AGUA (VN-32-67)**

Este método de ensayo está destinado a medir la pérdida de la Estabilidad Marshall, como consecuencia de la acción del agua sobre las mezclas con cemento asfáltico, compactadas. Se obtiene un índice de estabilidad residual, comparando la estabilidad de las muestras determinadas de acuerdo con el método Marshall usual, con la estabilidad de muestras que han sido sumergidas en agua durante un período especificado.

#### **APARATOS**

- Uno o más baños de agua para sumergir las muestras, con controles automáticos de temperatura. Son apropiados para este ensayo, los baños normalmente usados para el ensayo de Marshall.
- Una balanza y un baño de agua, con accesorios apropiados para pesar las probetas en el aire y en el agua, con el objeto de determinar su densidad.
- Placas o soportes de vidrio o metal. Una de estas placas se colocará debajo de cada una de las probetas durante el período de inmersión y durante el manipuleo siguiente: (excepto cuando se las pese y ensaye), con el objeto de evitar que se quiebren o deformen.

## **PROBETAS**

Se separan por lo menos 8 probetas tipo Marshall

## **DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO ABSOLUTO DE LAS PROBETAS**

Se obtendrá el peso de cada probeta al aire y en el agua. Esto último se hará tan rápido como sea posible para que la absorción sea mínima. Se calculará el peso específico absoluto de cada probeta como sigue:

$$PEA = \frac{A}{A - B} =$$

Donde: A = Peso de la probeta al aire, en gramos; B = Peso de la probeta en el agua, en gramos.

## **PROCEDIMIENTO**

Dividir cada juego en ocho probetas, en dos grupos de 4 probetas cada uno, de modo que los promedios del peso específico absoluto de cada uno de esos grupos sean similares. El ensayo de las probetas del primer grupo, se efectuará por el procedimiento. Las probetas del 2º grupo se sumergen en agua durante 24 horas a las temperaturas especificadas más abajo y luego se las ensaya inmediatamente, con el mismo procedimiento.

## **CÁLCULO**

El índice de estabilidad residual de las mezclas bituminosas, con respecto a los efectos nocivos del agua, se expresa como porcentaje de la estabilidad original que se mantiene después del período de inmersión. Se calcula de la siguiente manera:

$$IER = \frac{S2}{S1} \times 100 =$$

Donde: IER = Índice de Estabilidad Residual; S1 = Estabilidad Marshall del grupo 1 (promedio); S2 = Estabilidad Marshall del grupo 2 (promedio)

## **ENSAYO DE DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE ASFALTO DE AGREGADOS PÉTREOS PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE (VN-E27-84)**

Esta norma, establece el procedimiento a seguir para la determinación del Peso Especifico "efectivo" y de la absorción de asfalto del agregado pétreo a utilizar en la elaboración de mezclas asfálticas en caliente (concreto asfáltico, arena- asfalto, tosca arena- asfalto, etc.) empleando el procedimiento de J. Rice (saturación por vacío).

## **DEFINICIONES**

- a) *Peso específico efectivo: Es la relación entre el peso de un dado volumen de la porción impermeable de un agregado permeable (o sea el volumen de sólido más los poros impermeables al cemento asfáltico en este caso) y el peso de un volumen igual de agua.*
- b) *Absorción de asfalto: Es la relación entre el peso del cemento asfáltico que ocupa los poros permeables del agregado pétreo y el peso de dicho material, expresado en porcentaje.*

## **APARATOS**

- *Balanza de 4 kilos de capacidad con sensibilidad de 0,1 gr.*
- *Dos frascos "kitasato" de vidrio pyrex para vacío de 2000 y 1000 cm<sup>3</sup> de capacidad respectivamente.*

- Bomba de vacío para evacuar el aire contenido dentro del frasco y manómetro diferencial de mercurio.
- Dos tapones de goma para los frascos y tubos de goma para vacío.
- Baño de agua, para mantener la temperatura a  $25^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ .
- Enrasador realizado con varilla de acero de 5 mm. diámetro y 90 mm. de largo, terminado en punta cónica soldado, en forma perpendicular a una chapa del mismo material de forma rectangular de 90 mm. de largo, por 15 mm. de ancho y 4 mm. de espesor
- Pipeta aforada de 25 cm<sup>3</sup>.
- Elementos varios: Agua destilada, pinza de Hoffman, bandejas, espátulas, cuchara tipo almacenero, etc.

### **CALIBRACIÓN DEL FRASCO**

El frasco deberá ser calibrado, determinado ( $\pm 0,1$  gr) el peso del agua destilada, a  $25^{\circ}\text{C}$ , requerida para llenarlo hasta un nivel prefijado, mediante el empleo del enrasador. Para ello se procede de la siguiente forma: Se llena el frasco de 2000 cm<sup>3</sup> hasta aproximadamente el nivel, determinado por el extremo de la varilla del enrasador estando este apoyado en la boca del frasco, utilizando agua destilada, a una temperatura inferior en algunos grados a  $25^{\circ}\text{C}$ . Luego se retira el enrasador y se coloca el frasco en un baño de agua mantenido a  $25^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  durante 1 hora. Debe cuidarse que el nivel del agua en el baño se encuentre por encima del nivel del agua contenida en el frasco.

Al cabo de este lapso se coloca nuevamente el enrasador en la boca del frasco y con la pipeta se retira el exceso de agua hasta que el nivel coincida exactamente con el extremo de la varilla del enrasador.

Cumplido tal requisito se seca completamente el frasco en su parte exterior y en la zona del cuello interior por sobre el nivel del enrase, para asegurar que no tenga gotas de agua adheridas a sus paredes, pesándose en tales condiciones para determinar su peso, D, en gramos (frasco + agua).

### **CANTIDAD DE MUESTRA A ENSAYAR**

La cantidad de mezcla asfáltica a utilizar para realizar el ensayo, se debe adoptar de acuerdo a los valores del siguiente cuadro:

Tamaño Máximo nominal de agregado pétreo de la mezcla	Cantidad de mezcal asfáltica a ensayar en peso [gr]
1"	2500
3/4"	2000
1/2"	1500
3/8"	1000
Nº 4	500

Si la cantidad de mezcla a ensayar supera la cantidad del frasco, la misma deberá ser ensayada en dos ó tres fracciones iguales. De acuerdo con este criterio, a fin de acelerar la extracción de burbujas de aire del interior de la mezcla asfáltica asegurando que este proceso se cumpla en su totalidad, es conveniente colocar no más de 1000 gr de mezcla asfáltica dentro del frasco.

### **PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**

Una vez fijada la cantidad de mezcla asfáltica a ensayar se efectúa su elaboración de acuerdo a la Norma VN-E9-86 (Ensayo Marshall), luego se la deja enfriar a temperatura ambiente durante 24 hs. La mezcla asfáltica debe ser elaborada con el porcentaje de asfáltico óptimo mas 1 %, a fin de reforzar el recubrimiento de los agregados pétreos porosos y no porosos con una película de asfalto de mayor espesor.

El peso específico de los agregados pétreos es independiente del porcentaje de asfalto con que fue preparada la mezcla, cuando se cumple la mencionada condición de recubrimiento.

## PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Se toma la mezcla, ya enfriada a temperatura ambiente, como lo indica el párrafo anterior, de la que se desmenuzará los grumos, tomando la precaución, de no romper las partículas de la fracción fina que no sean mayores de 6,70 mm (¼"). Si la mezcla no es suficientemente blanda, como para ser desmenuzada con la mano, deberá ser colocada en una bandeja y calentada ligeramente hasta que se pueda desmenuzar.

Se equilibra la balanza colocando el frasco, de 2000 cm<sup>3</sup>, secado exteriormente en uno de los platillos y arena fina seca en el otro. Se introduce en el frasco la fracción de mezcla para el ensayo y se determina su peso con una aproximación de 0,1 gr (A).

Al frasco conteniendo la mezcla, se le agrega agua destilada, hasta cubrir totalmente el material – la altura mínima de agua que cubra la mezcla, debe ser de 3 cm.

Se colocan a los frascos los tapones de goma, y se efectúa las conexiones, a la bomba de vacío, de acuerdo al esquema. Una vez preparado el equipo, se pone la bomba en funcionamiento hasta lograr un vacío, de 30 mm en la columna mercurial el que deberá mantenerse todo el tiempo necesario hasta que no se observen desprendimientos de burbujas de aire del interior de las partículas de la mezcla. Cada tanto debe agitarse el frasco con su contenido, de manera tal de lograr la extracción total del aire de la mezcla.

Una vez finalizada la operación indicada en el párrafo anterior se llena el frasco hasta aproximadamente el nivel determinado por el extremo de la varilla del enrasador, estando este apoyado en la boca del frasco, utilizando agua destilada a una temperatura inferior en algunos grados a 25°C, luego se retira el enrasador y se coloca el frasco en baño de agua a 25°C durante una hora. Al cabo de este lapso se coloca nuevamente el enrasador en la boca del frasco y con la pipeta se retira el exceso de agua hasta que el nivel coincida exactamente con el extremo de la varilla del enrasador.

Se seca luego completamente el frasco en su parte exterior y en la zona del cuello interior por sobre el nivel del enrase para asegurar que no haya gotas de agua adherida a sus paredes, pesándose a continuación. Se determina en esta forma el peso E, en gramos del conjunto (es decir el peso del frasco, más el peso del material que contiene, más el peso del agua destilada colocada).

## CÁLCULOS

Para la determinación de la Densidad Teórica Máxima de la mezcla, se emplea la siguiente fórmula:

$$DT = \frac{A}{A + D - E} =$$

Donde: DT = Densidad Teórica Máxima; A = Peso en gramos de la mezcla asfáltica; D = Peso en gramos del frasco lleno con agua destilada a 25°C; E = Peso en gramos del frasco conteniendo la mezcla y el agua destilada a 25°C complementaria para llenarlo.

Para determinación del "Peso específico efectivo del agregado mineral" de la mezcla, se utiliza la fórmula siguiente:

$$Peef = \frac{100 - \%CA}{\frac{100}{DT} - \frac{\%CA}{PeCA}} =$$

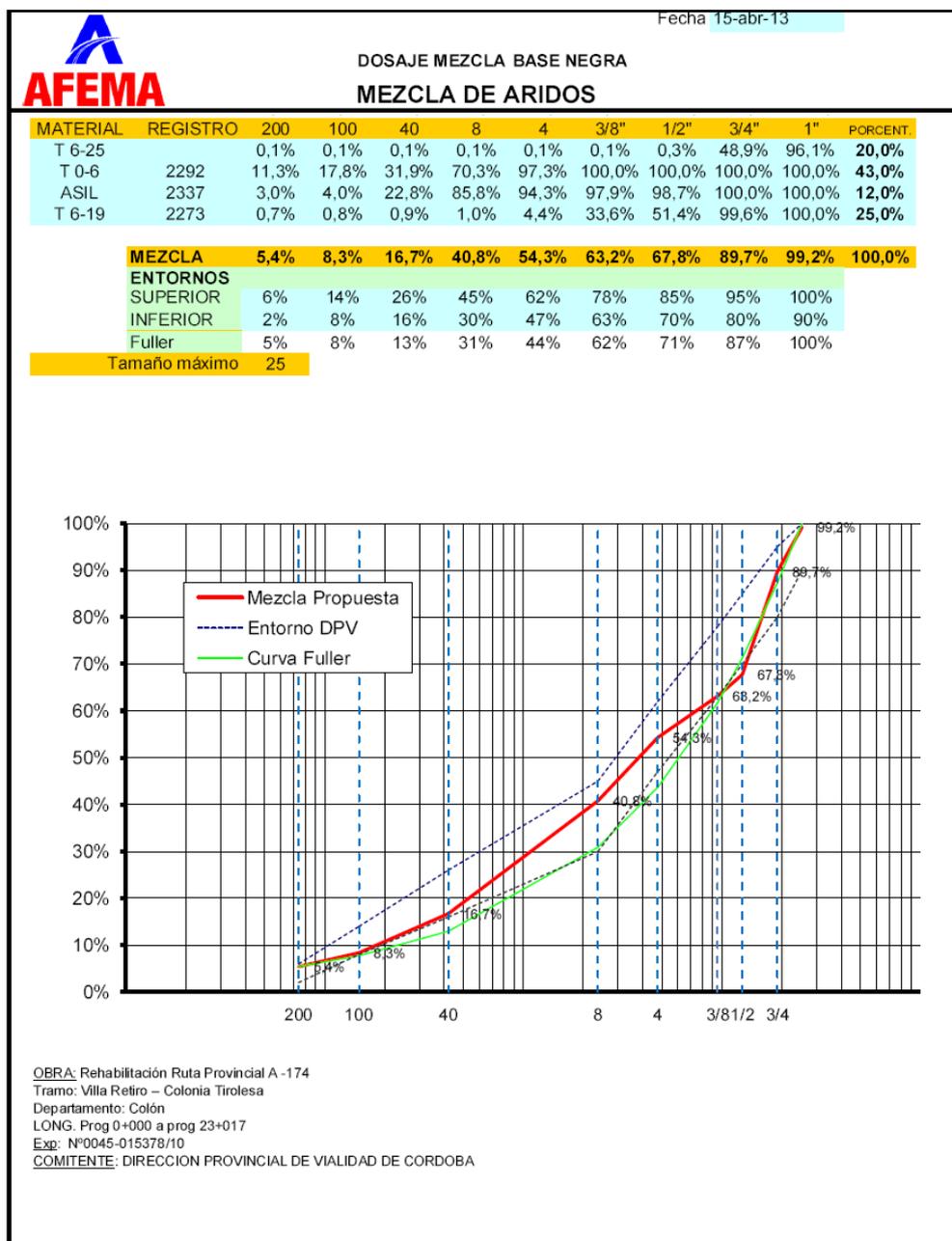
Donde: Peef = Peso específico efectivo del agregado mineral; % CA = Porcentaje en peso, de cemento asfáltico de la mezcla; DT = Densidad teórica máxima de la mezcla; PeCA = Peso específico del cemento asfáltico.

Para la determinación de la "Absorción de asfalto" por parte del agregado mineral de la mezcla, se emplea la fórmula siguiente:

$$Ab = \frac{Peef - Peas}{Peef \times Peas} \times PeCA \times 100 =$$

Donde:  $Ab$  = Porcentaje de asfalto absorbido (por peso de agregado);  $Peef$  = Peso específico efectivo del agregado mineral;  $Peas$  = Peso específico aparente saturado de agregado mineral;  $PeCA$  = Peso específico del cemento asfáltico.

A continuación se muestra el resultado de la dosificación de la base negra para determinar el contenido de asfalto y la composición de agregados. En primer lugar se propuso una mezcla de áridos tal que cumpla con los entornos establecidos por la Dirección Provincial de Vialidad. Luego se definió el contenido de asfalto, siguiendo el procedimiento de determinación del contenido óptimo de ligante por el Método Marshall.

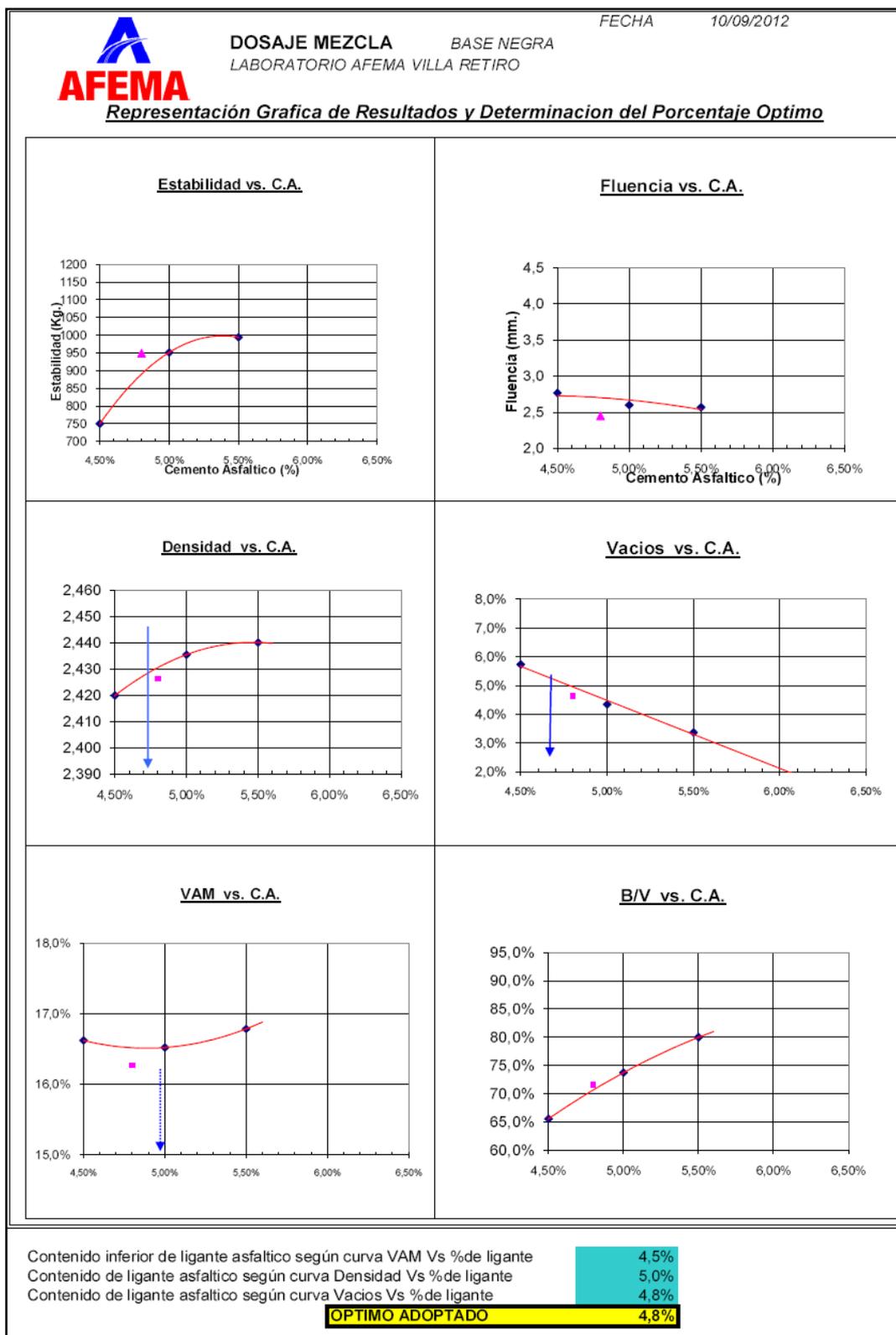


	<b>DOSAJE MEZCLA          BASE NEGRA</b>	Fecha <b>25-feb-13</b>																																																																											
Los materiales utilizados para la realización de la dosificación son: <ul style="list-style-type: none"> <li>0 T 6-25                    CANTERA DIQUECITO</li> <li>2292 T 0-6                CANTERA DIQUECITO</li> <li>2337 ASIL                 ARENERA</li> <li>2273 T 6-19               CANTERA DIQUECITO</li> <li>MEJORADOR DE ADHERENCIA AL 0,2 %</li> </ul>																																																																													
<b>Resumen de granulometrias individuales</b>																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #ffff00;"> <th></th> <th>0</th> <th>2292</th> <th>2337</th> <th>2273</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Tamices</b></td> <td><b>T 6-25</b></td> <td><b>T 0-6</b></td> <td><b>ASIL</b></td> <td><b>T 6-19</b></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>100,0%</td> <td>100,0%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3/4</td> <td>48,9%</td> <td>100,0%</td> <td>100,0%</td> <td>99,6%</td> </tr> <tr> <td>1/2</td> <td>0,3%</td> <td>100,0%</td> <td>98,7%</td> <td>51,4%</td> </tr> <tr> <td>3/8</td> <td>0,1%</td> <td>100,0%</td> <td>97,9%</td> <td>33,6%</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0,1%</td> <td>97,3%</td> <td>94,3%</td> <td>4,4%</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>0,1%</td> <td>70,3%</td> <td>85,8%</td> <td>1,0%</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>0,1%</td> <td>11,3%</td> <td>3,0%</td> <td>0,7%</td> </tr> <tr> <td>fondo</td> <td>0,0%</td> <td>0,0%</td> <td>0,0%</td> <td>0,0%</td> </tr> </tbody> </table>				0	2292	2337	2273	<b>Tamices</b>	<b>T 6-25</b>	<b>T 0-6</b>	<b>ASIL</b>	<b>T 6-19</b>	1	100,0%	100,0%			3/4	48,9%	100,0%	100,0%	99,6%	1/2	0,3%	100,0%	98,7%	51,4%	3/8	0,1%	100,0%	97,9%	33,6%	4	0,1%	97,3%	94,3%	4,4%	8	0,1%	70,3%	85,8%	1,0%	200	0,1%	11,3%	3,0%	0,7%	fondo	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%																									
	0	2292	2337	2273																																																																									
<b>Tamices</b>	<b>T 6-25</b>	<b>T 0-6</b>	<b>ASIL</b>	<b>T 6-19</b>																																																																									
1	100,0%	100,0%																																																																											
3/4	48,9%	100,0%	100,0%	99,6%																																																																									
1/2	0,3%	100,0%	98,7%	51,4%																																																																									
3/8	0,1%	100,0%	97,9%	33,6%																																																																									
4	0,1%	97,3%	94,3%	4,4%																																																																									
8	0,1%	70,3%	85,8%	1,0%																																																																									
200	0,1%	11,3%	3,0%	0,7%																																																																									
fondo	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%																																																																									
<b>Composicion de aridos</b>																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>0</th> <th>2292</th> <th>2337</th> <th>2273</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Tamices</b></td> <td colspan="2">20%</td> <td colspan="2">43%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Parcial</td> <td>Acumulado</td> <td>Parcial</td> <td>Acumulado</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3/4</td> <td>119</td> <td>119</td> <td>0</td> <td>233</td> </tr> <tr> <td>1/2</td> <td>113</td> <td>232</td> <td>0</td> <td>233</td> </tr> <tr> <td>3/8</td> <td>1</td> <td>232</td> <td>0</td> <td>233</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0</td> <td>232</td> <td>13</td> <td>246</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>0</td> <td>232</td> <td>135</td> <td>381</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>0</td> <td>232</td> <td>295</td> <td>676</td> </tr> <tr> <td>fondo</td> <td>0</td> <td>233</td> <td>56</td> <td>732</td> </tr> <tr> <td><math>\Sigma</math></td> <td colspan="2">233</td> <td colspan="2">500</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">140</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">291</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">1163</td> </tr> </tbody> </table>				0	2292	2337	2273	<b>Tamices</b>	20%		43%			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	1					3/4	119	119	0	233	1/2	113	232	0	233	3/8	1	232	0	233	4	0	232	13	246	8	0	232	135	381	200	0	232	295	676	fondo	0	233	56	732	$\Sigma$	233		500					140					291					1163	
	0	2292	2337	2273																																																																									
<b>Tamices</b>	20%		43%																																																																										
	Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado																																																																									
1																																																																													
3/4	119	119	0	233																																																																									
1/2	113	232	0	233																																																																									
3/8	1	232	0	233																																																																									
4	0	232	13	246																																																																									
8	0	232	135	381																																																																									
200	0	232	295	676																																																																									
fondo	0	233	56	732																																																																									
$\Sigma$	233		500																																																																										
			140																																																																										
			291																																																																										
			1163																																																																										
<b>Composicion de mezcla</b>																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>% Asfalto</th> <th>Mezcla</th> <th>Asfalto</th> <th>Aridos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4,7%</td> <td>1.220 gs</td> <td>57 gs</td> <td>1.163 gs</td> </tr> </tbody> </table>			% Asfalto	Mezcla	Asfalto	Aridos	4,7%	1.220 gs	57 gs	1.163 gs																																																																			
% Asfalto	Mezcla	Asfalto	Aridos																																																																										
4,7%	1.220 gs	57 gs	1.163 gs																																																																										





Los resultados obtenidos de los ensayos Marshall son tratados en forma gráfica, confeccionando una serie de gráficos que muestran la variación de cada uno de los parámetros calculados en función del porcentaje de asfalto. Los valores de estabilidad, fluencia, vacíos residuales, vacíos del agregado mineral (VAM) y la relación betún-vacíos, se expresan como promedio aritmético de los valores individuales obtenidos para cada probeta de las tres moldeadas para cada % de asfalto. Luego se trazan los siguientes gráficos, con de los valores obtenidos para cada tenor de asfalto.



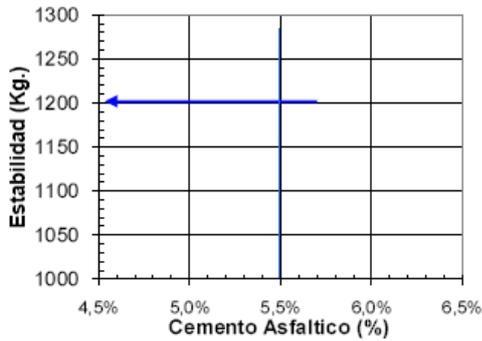


DOSAJE MEZCLA BASE NEGRA  
LABORATORIO AFEMA VILLA RETIRO

FECHA

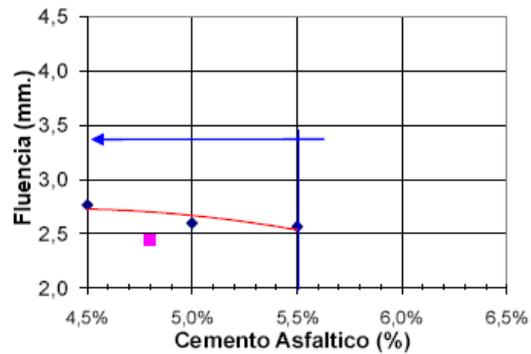
Verificación teorica de parametros para el porcentaje de Asfalto óptimo %

Estabilidad vs. C.A.



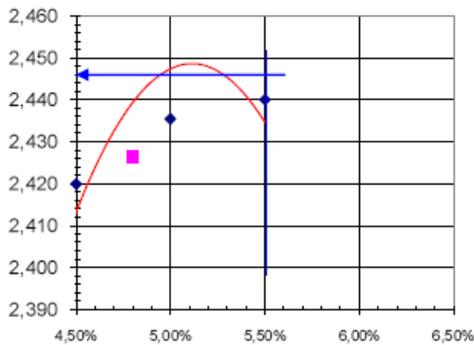
Estabilidad 1200

Fluencia vs. C.A.



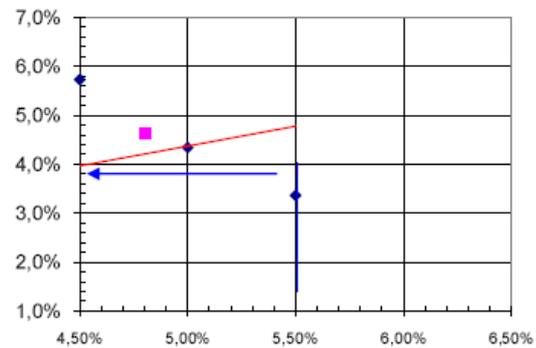
Fluencia 3.4

Densidad vs. C.A.



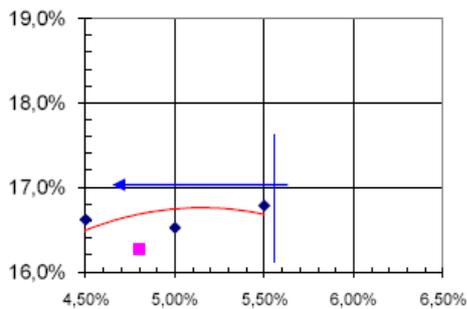
Densidad 2,445

Vacios vs. C.A.



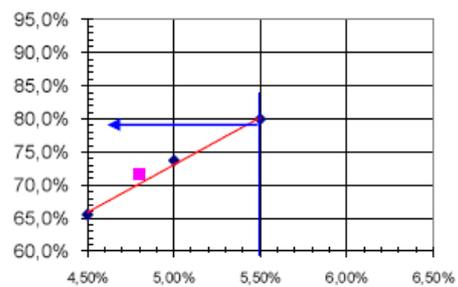
Vacios 3,80%

VAM vs. C.A.



VAM 17,00%

B/V vs. C.A.



B/V 79,0%

Figura 50: Dosificación Base Negra [Marshall]



Dicha muestra se tomo de planta, a la salida antes de ser cargada a un camión. Cuando se tomo dicha muestra, se tomo lectura de la temperatura. Dicha temperatura se registra diariamente y continuamente durante todo el día. La temperatura medida fue de 160 °C, lo cual es la temperatura adecuada para la elaboración de la mezcla.

Se ensaya todos los días, cada 300 tn, y cada vez que se enciende la planta asfáltica. Se toma una muestra y se hacen las probetas para el ensayo Marshall y se ensaya a estabilidad y fluencia. Además se toma una muestra y se determina la densidad Rice. Por otro lado otra parte de la muestra es utilizada para hacer la recuperación de material granular para determinar el porcentaje de asfalto y granulometría del árido.

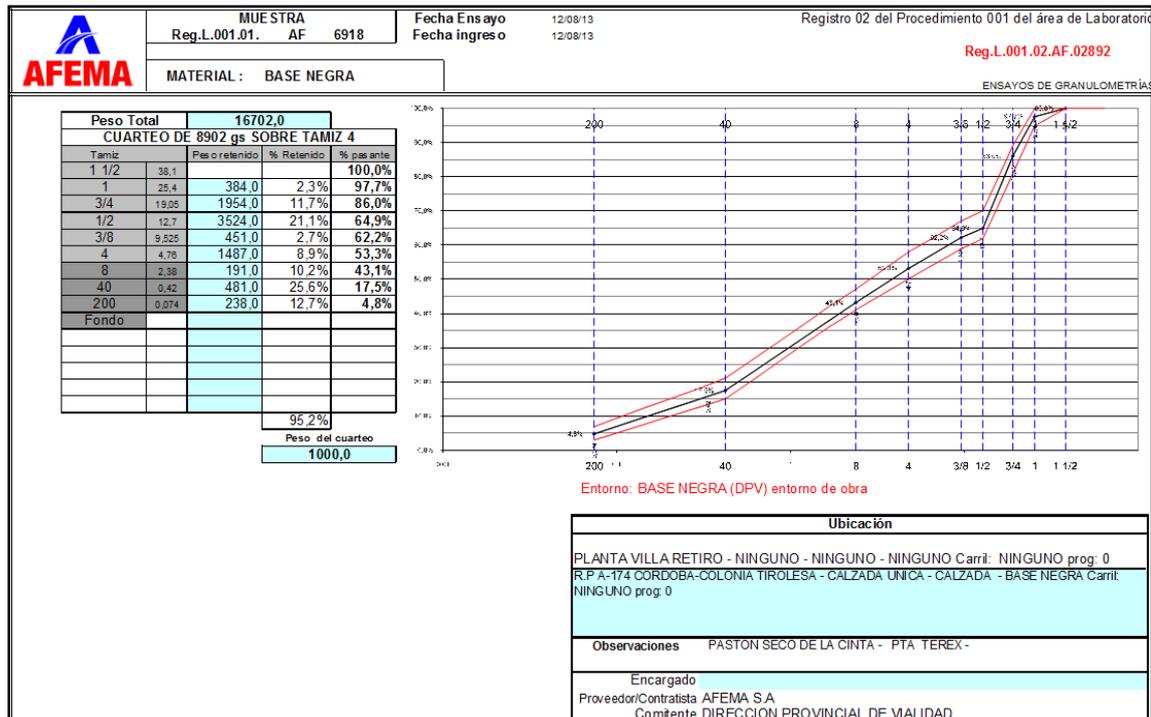


Figura 52: Resultado del Ensayo de Granulometría Base Negra

A continuación en la Figura 53 se muestran los ensayos globales del Ensayo Marshall.

Sistema de Aseguramiento de la Calidad (S.A.C.)													
AFEMA S.A. Villa Retiro												Ensayos Marshall	
Ruta 111 Km 7,5 Villa Retiro Cba													
R.P A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA													
Prog	Muestra	Registro	F.Elab.	D.Marsh.	%Vac.	VAM	B/V	Estab.	Fluen.	E/F	Rice	%Asf.	%Resid
CONCEDENTE DIRECCION PROVINCIAL DE VIALIDAD													
R.P A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA DERECHA - CALZADA													
MEZCLA TIPO BN													
3650 / 4145	.AF.06266	.AF.02071	24/05/2013	2,438	4,6	16,5	71,9	1.225	3,2	3.824	2,556	4,9	100
3285 / 4145	.AF.06265	.AF.02070	24/05/2013	2,427	5,2	16,7	69,1	1.127	2,9	3.882	2,559	4,8	100
PROMEDIO				2,433								4,81	
R.P A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA IZQUIERDA - CALZADA													
MEZCLA TIPO BN													
3280 / 3925	.AF.06255	.AF.02068	23/05/2013	2,438	4,6	16,3	71,9	1.187	3,1	3.867	2,555	4,8	100
3400 / 3800	.AF.06256	.AF.02069	23/05/2013	2,428	5,2	16,8	69,0	1.206	3,2	3.813	2,562	4,8	100
3950 / 4500	.AF.06275	.AF.02072	27/05/2013	2,429	5,0	16,7	70,1	1.191	3,0	3.970	2,557	4,8	100
PROMEDIO				2,432								4,80	

Figura 53: Resultado [Globales] de Base Negra

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

De la tabla anterior podemos observar que se cumple con todos los parámetros; la Densidad Marshall es exacta a la de la fórmula de dosificación al igual que el % de asfalto, el cual es el ideal.

Un valor alto de relación E/F indica que la mezcla es rígida y frágil y, por lo tanto, puede verse reducida su durabilidad. Es conveniente aclarar que otras especificaciones recomiendan valores máximos de 4000 kg/cm. De todas formas, se considera que el valor es aceptable, ya que todos los valores son menores que el límite.

Los resultados de la recuperación de áridos se encuentran dentro de los límites granulométricos. El contenido de arena silíceo no supera el 25%, como indica el pliego.

También se puede concluir que los valores de los distintos Ensayos Marshall realizados a lo largo del periodo en estudio, no presentaron gran dispersión, lo cual refleja la homogeneidad de toda la producción de asfalto.

Como este ensayo se realiza a diario, una vez observados parámetros que no cumplen con la dosificación y especificaciones propuestas, se procede a frenar la producción y a calibrar la planta. Para dicho trabajo en primer lugar se procede a hacer el ensayo de granulometría de pastón seco y verificar cada una de las partes de la planta, para ver si presentan algún grado de desperfecto.

## 6.4. RODAMIENTO

La parte de la estructura destinada al rodamiento es la parte superior de la estructura. Esta puede estar materializada mediante losa de hormigón, o mediante una capa bituminosa.

El hecho de decidir, si en un determinado tramo de la ruta se coloca losas de hormigón o una capa asfáltica, depende del mantenimiento, costo inicial unitario por metro cuadrado y la serviciabilidad que se desee para dicha ruta. Las losas de hormigón requieren menos mantenimiento, solo un mantenimiento de juntas, y su rehabilitación es compleja, mientras que una carpeta asfáltica tiene por lo general un índice de rugosidad menor, por ende un valor de serviciabilidad mayor, lo que termina reflejándose en mas confort.

Para esta ruta, como ya se explico en el apartado 2. *Descripción de la Obra*, se utilizan estas dos metodologías, la carpeta de rodamiento asfáltica en el sector rural y pavimento de hormigón en la trama urbana.

### 6.4.1. CARPETA DE RODAMIENTO ASFÁLTICA

En este punto estudiaremos las mezclas asfálticas que conforman la parte superior del paquete estructural; se verán las condiciones de diseño impuestas por el comitente para esta Carpeta.

Primeramente se analizarán los diseños de dichas mezclas mediante el método Marshall, culminado con la propuesta de dosaje. Luego se analizaran los distintos ensayos y sus respectivos resultados.

Con esta mezcla de concreto asfáltico en caliente se efectuará:

- La Capa de Rodamiento proyectada a lo largo del tramo.
- Sobre anchos y Peraltes de las curvas.

Deberá cumplir las especificaciones ya antes mencionados en el apartado 5. *Materiales*. Los materiales a emplear son:

- Piedra Triturada (6-19 mm)
- Arena de Trituración (0-6 mm)
- Arena Silícea
- Cemento Asfáltico

### CONDICIONES A CUMPLIR:

- Los límites granulométricos dentro de los cuales deberá encuadrarse la mezcla de los agregados minerales de la “fórmula de obra” serán los siguientes:

TAMIZ %	QUE PASA
1”	100
3/4”	95 - 100
1/2”	75 - 95
3/8”	60 - 85
Nº 4	50 - 70
Nº 8	40 - 60
Nº 40	8 - 20

Nº 100                      4 - 12  
Nº 200                      2 - 10

La curva correspondiente a la mezcla de los agregados deberá ser cóncava y no presentar quiebres ni inflexiones.

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

- En la Fórmula de Obra del Contratista, la Arena Silíceo no intervendrá en más del 25 %.
- La relación filler-betún deberá cumplir con:

$$\frac{C}{C_s} = \text{menor a } 1$$

Siendo: C: Concentración en volumen del filler en el sistema "filler-betún" (considerándose filler a la fracción de la mezcla de áridos que pasa el tamiz Nº 200);  
Cs: Concentración crítica de filler.

- Los Valores Marshall a cumplir son los límites que se dan a continuación y que serán de cumplimiento para la mezcla asfáltica están referidos al Ensayo Marshall Norma de Ensayo (VN E-9-86) 75 golpes.

• Estabilidad mínima	800 Kg
• Fluencia	2 - 4,5 mm
• Vacíos totales	3 - 5 %
• Relación betún-vacíos	55 - 70 %
• Relación Estabilidad - Fluencia	2.100 Kg/cm - 4.000 Kg/cm
• Estabilidad Residual	mayor 75 %

- Habrá que hacer el ensayo de Estabilidad Remanente de la mezcla bituminosa que deberá responder a la exigencia del ensayo establecido en la Norma (VN E-32-67).
- Se deberá controlar la "Formula de Obra" y verificar las tolerancias granulométricas y del contenido de asfalto.
- Exigencia de Compactación:

La densidad a obtener en obra no deberá ser inferior a 97 % de la correspondiente al ensayo descrito en la Norma "Ensayo Marshall" (VN E-9-86).

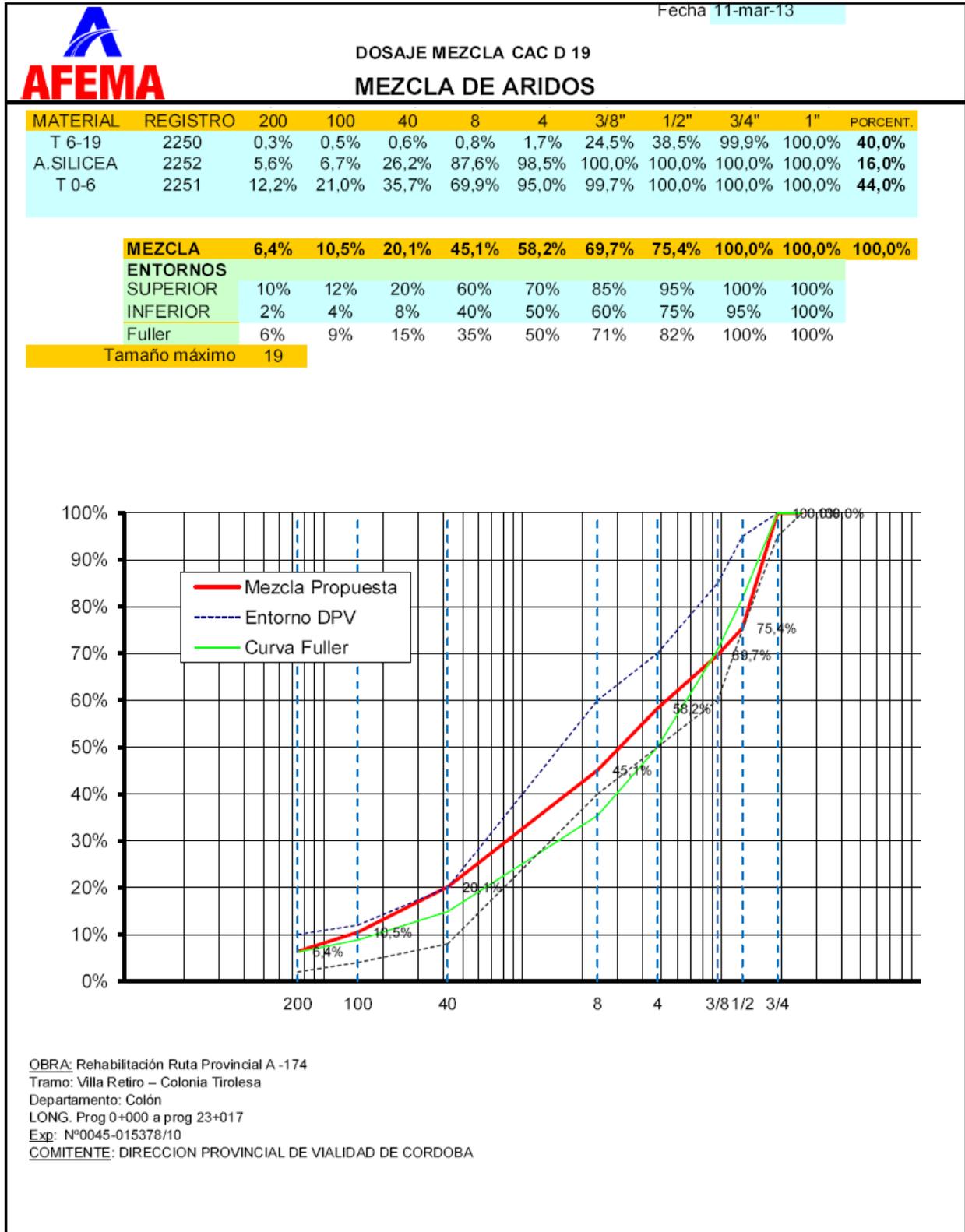
- Tolerancia en el espesor de la capa y ancho de la misma:

El espesor de la carpeta de rodamiento (teórico 0,05 m) tendrá una tolerancia en menos o en más de 0,004 m. es decir, deberá situarse entre 0,046 m. y 0,054 m.

Las secciones donde el espesor de la capa sea inferior a 0,046 m no serán aprobadas y en consecuencia no intervendrán en el cálculo.

No se admitirán anchos inferiores a los proyectados. El ancho de diseño es de 7,10 m.

A continuación se muestra el resultado de la dosificación de la carpeta de rodamiento. En primera medida se determina el contenido de asfalto y la composición de agregados necesaria para que el resultado final sea una mezcla que cumpla con las condiciones anteriormente descritas.



	<b>DOSAJE MEZCLA                      CAC D 19</b>	Fecha <b>11-mar-13</b>																																																							
Los materiales utilizados para la realizacion de la dosificacion son: 2250 T 6-19                      CANTERA DIQUECITO 2252 A.SILICEA                      ARENERA SAQUI 2251 T 0-6                      CANTERA DIQUECITO <b>MEJORADOR DE ADHERENCIA AL 0,2 %</b>																																																									
<b>Resumen de granulometrias individuales</b>																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #ffff00;"> <th></th> <th>2250</th> <th>2252</th> <th>2251</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Tamices</b></td> <td><b>T 6-19</b></td> <td><b>A.SILICEA</b></td> <td><b>T 0-6</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>3/4</b></td> <td>99,9%</td> <td>100,0%</td> <td>100,0%</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>1/2</b></td> <td>38,5%</td> <td>100,0%</td> <td>100,0%</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>3/8</b></td> <td>24,5%</td> <td>100,0%</td> <td>99,7%</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>4</b></td> <td>1,7%</td> <td>98,5%</td> <td>95,0%</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>8</b></td> <td>0,8%</td> <td>87,6%</td> <td>69,9%</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>200</b></td> <td>0,3%</td> <td>5,6%</td> <td>12,2%</td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>fondo</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				2250	2252	2251		<b>Tamices</b>	<b>T 6-19</b>	<b>A.SILICEA</b>	<b>T 0-6</b>		<b>3/4</b>	99,9%	100,0%	100,0%		<b>1/2</b>	38,5%	100,0%	100,0%		<b>3/8</b>	24,5%	100,0%	99,7%		<b>4</b>	1,7%	98,5%	95,0%		<b>8</b>	0,8%	87,6%	69,9%		<b>200</b>	0,3%	5,6%	12,2%		<b>fondo</b>														
	2250	2252	2251																																																						
<b>Tamices</b>	<b>T 6-19</b>	<b>A.SILICEA</b>	<b>T 0-6</b>																																																						
<b>3/4</b>	99,9%	100,0%	100,0%																																																						
<b>1/2</b>	38,5%	100,0%	100,0%																																																						
<b>3/8</b>	24,5%	100,0%	99,7%																																																						
<b>4</b>	1,7%	98,5%	95,0%																																																						
<b>8</b>	0,8%	87,6%	69,9%																																																						
<b>200</b>	0,3%	5,6%	12,2%																																																						
<b>fondo</b>																																																									
<b>Composicion de aridos</b>																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>2250</th> <th>2252</th> <th>2251</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Tamices</b></td> <td>40%</td> <td>16%</td> <td>44%</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Parcial Acumulado</td> <td>Parcial Acumulado</td> <td>Parcial Acumulado</td> <td>Parcial Acumulado</td> </tr> <tr> <td><b>3/4</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>1/2</b></td> <td>288</td> <td>288</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>3/8</b></td> <td>66</td> <td>354</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>4</b></td> <td>107</td> <td>461</td> <td>3</td> <td>472</td> </tr> <tr> <td><b>8</b></td> <td>4</td> <td>465</td> <td>20</td> <td>493</td> </tr> <tr> <td><b>200</b></td> <td>2</td> <td>468</td> <td>154</td> <td>647</td> </tr> <tr> <td><b>fondo</b></td> <td>1</td> <td>469</td> <td>11</td> <td>657</td> </tr> <tr> <td><b>Σ</b></td> <td><b>470</b></td> <td><b>188</b></td> <td><b>517</b></td> <td><b>1174</b></td> </tr> </tbody> </table>				2250	2252	2251		<b>Tamices</b>	40%	16%	44%			Parcial Acumulado	Parcial Acumulado	Parcial Acumulado	Parcial Acumulado	<b>3/4</b>					<b>1/2</b>	288	288			<b>3/8</b>	66	354			<b>4</b>	107	461	3	472	<b>8</b>	4	465	20	493	<b>200</b>	2	468	154	647	<b>fondo</b>	1	469	11	657	<b>Σ</b>	<b>470</b>	<b>188</b>	<b>517</b>	<b>1174</b>
	2250	2252	2251																																																						
<b>Tamices</b>	40%	16%	44%																																																						
	Parcial Acumulado	Parcial Acumulado	Parcial Acumulado	Parcial Acumulado																																																					
<b>3/4</b>																																																									
<b>1/2</b>	288	288																																																							
<b>3/8</b>	66	354																																																							
<b>4</b>	107	461	3	472																																																					
<b>8</b>	4	465	20	493																																																					
<b>200</b>	2	468	154	647																																																					
<b>fondo</b>	1	469	11	657																																																					
<b>Σ</b>	<b>470</b>	<b>188</b>	<b>517</b>	<b>1174</b>																																																					
<b>Composicion de mezcla</b>																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>% Asfalto</th> <th>Mezcla</th> <th>Asfalto</th> <th>Aridos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5,3%</td> <td>1.240 gs</td> <td>66 gs</td> <td>1.174 gs</td> </tr> <tr> <td>5,5%</td> <td>1.243 gs</td> <td>68 gs</td> <td>1.174 gs</td> </tr> <tr> <td>5,0%</td> <td>1.236 gs</td> <td>62 gs</td> <td>1.174 gs</td> </tr> <tr> <td>6,0%</td> <td>1.249 gs</td> <td>75 gs</td> <td>1.174 gs</td> </tr> </tbody> </table>			% Asfalto	Mezcla	Asfalto	Aridos	5,3%	1.240 gs	66 gs	1.174 gs	5,5%	1.243 gs	68 gs	1.174 gs	5,0%	1.236 gs	62 gs	1.174 gs	6,0%	1.249 gs	75 gs	1.174 gs																																			
% Asfalto	Mezcla	Asfalto	Aridos																																																						
5,3%	1.240 gs	66 gs	1.174 gs																																																						
5,5%	1.243 gs	68 gs	1.174 gs																																																						
5,0%	1.236 gs	62 gs	1.174 gs																																																						
6,0%	1.249 gs	75 gs	1.174 gs																																																						

Se establecen los porcentajes de asfalto y la correspondiente cantidad de áridos para confeccionar las probetas a ensayar.

A continuación se Realiza un ensayo de granulometría sobre el material preparado para la confección de probetas para determinar si se encuentra dentro del





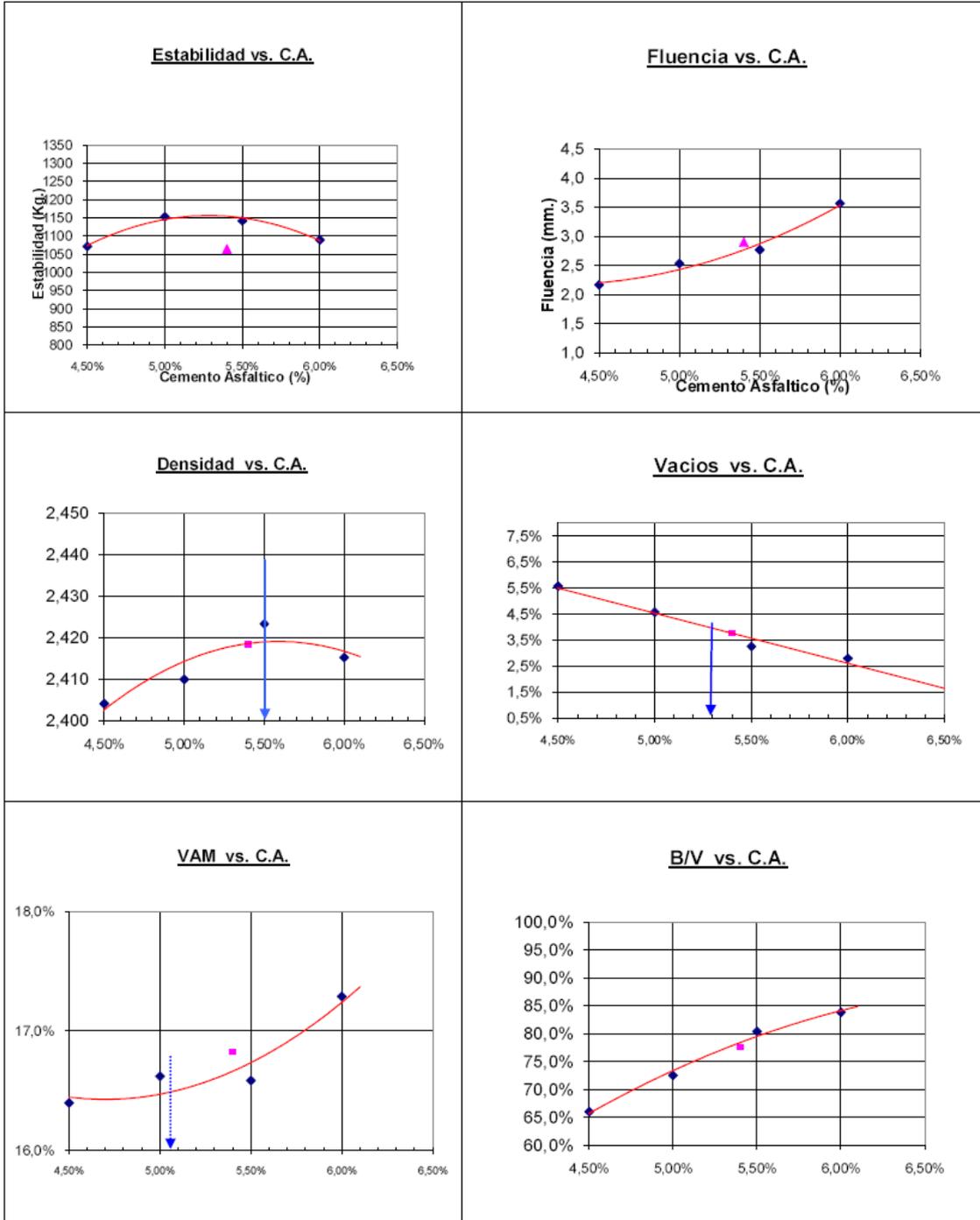




DOSAJE MEZCLA CAC D 19  
LABORATORIO AFEMA VILLA RETIRO

FECHA 01/09/2012

**Representación Grafica de Resultados y Determinación del Porcentaje Optimo**



Contenido inferior de ligante asfáltico según curva VAM Vs %de ligante	5,1%
Contenido de ligante asfáltico según curva Densidad Vs %de ligante	5,5%
Contenido de ligante asfáltico según curva Vacios Vs %de ligante	5,3%
<b>OPTIMO ADOPTADO</b>	<b>5,4%</b>

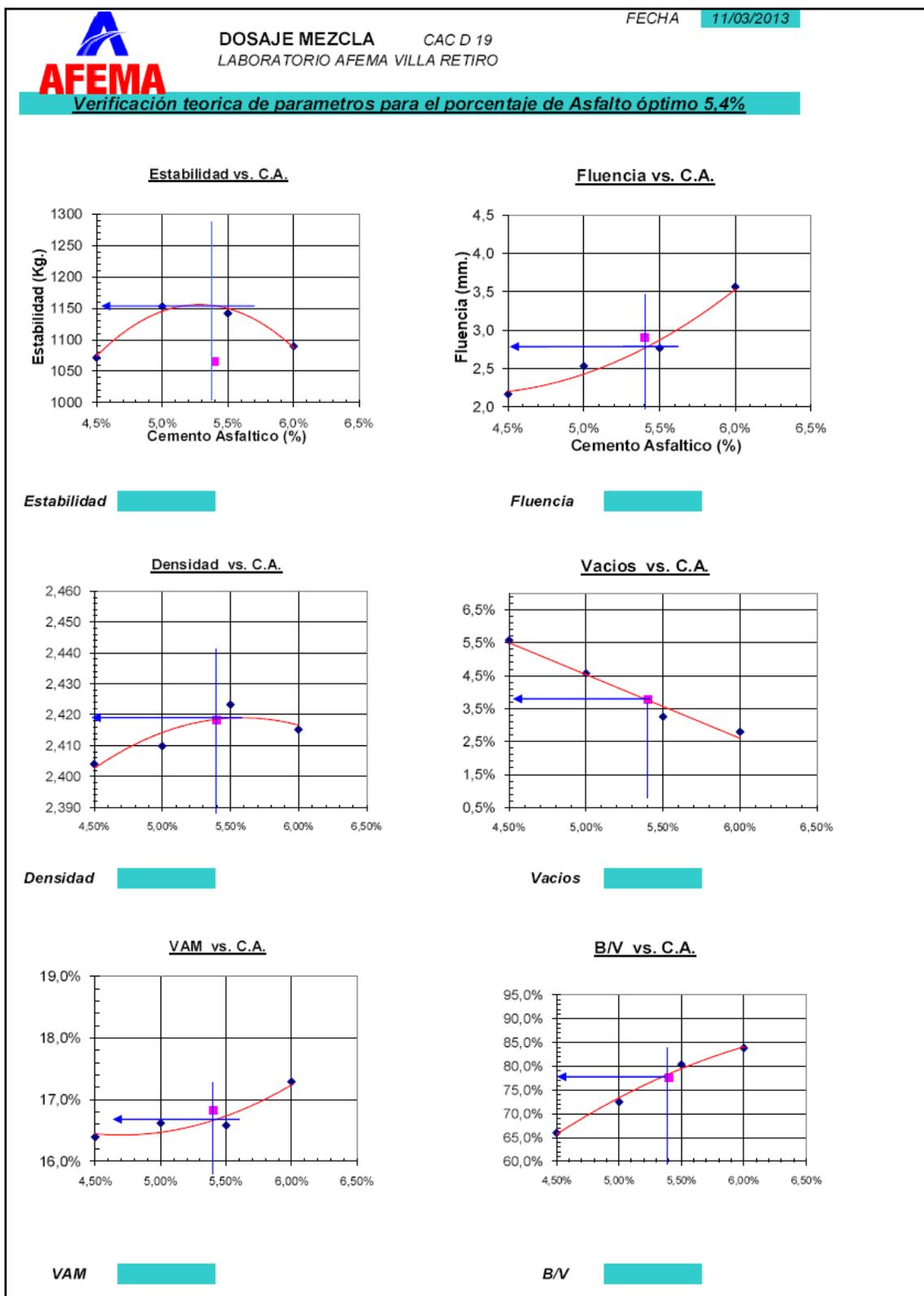


Figura 54: Dosificación Carpeta de Rodamiento [Marshall]

El dosaje final de la mezcla contiene 5,4 % de cemento asfáltico en peso. Con dicho contenido de asfalto obtenemos una estabilidad de 1064 kg, una fluencia de 2.9 mm, una densidad de 2.418 tn/m<sup>3</sup> y un porcentaje de vacios de 3.8 %. Dichos resultados se pueden observar en la siguiente página y de forma esquemática en esta página.

AFEMA		SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC) Registro 13 del procedimiento 001 del área de Laboratorio													
MUESTRA L.001.01.		FECHA ELABORACION						FECHA ENSAYO						11-mar-2013	
MATERIAL		CAC D 19													
Residual	Probeta	Peso seco al aire	Volumen	Dens. Marshall	% de Vacios	% de Asf en Volumen	V.A.M %	B / V %	h= Altura Probeta	Factor Correc.	Lect. dial Est	Estabilidad= Lectura x fact corr n x fact aro	Fluencia	E / F	
	Nº	Gr.	P.Sat. - P.Sumerg.	P.seco aire. Volumen	Rice-DM x 100 Rice	D.Marshall x % c.asf.	% V + % Asf.V	%Asf.V x 100 V.A.M.	mm	Nº	Nº	kg	mm	Kg/cm	
<input type="checkbox"/>	13	1230,0	508	2,421	3,7%	13,1%	16,7%	78,2%	63,2	1,00	97	1093,2	2,8	3904	
<input type="checkbox"/>	14	1229,0	509	2,415	3,9%	13,0%	17,0%	76,9%	62,8	1,01	91	1035,8	3,0	3453	
<input checked="" type="checkbox"/>	15	1233,0	511	2,413	4,0%	13,0%	17,0%	76,6%	64,7	0,98	81	894,6			
<input checked="" type="checkbox"/>	16	1234,0	509	2,424	3,5%	13,1%	16,8%	78,8%	63,6	1,00	78	879,1			
<b>PROMEDIO</b>				2,418	3,8%		16,8%	77,6%				1064,5	2,9	3678,5	
<b>ESPECIFICACIONES</b>				75 GOLPES	3 - 5		> 15	70 - 85				> 800	2 - 4,5	2100 - 4500	

UBICACION		COMPOSICION DE ARIDOS			RESIDUAL =	
RICE		2,513			887	
Registro		MATERIAL			1065	
Obs.		ORIGEN			83,3%	
OBRA: Rehabilitación Ruta Provincial A-174		T-6-19 40,0% CANTERA DIQUECITO			Especificación	
Tramo: Villa Retiro - Colonia Tirolesa		A.SILICEA 16,0% ARENERA SAQUII			>75%	
Departamento: Colón		T-0-6 44,0% CANTERA DIQUECITO			TEMP. DE ELABORACION	
LONS: Prog 04-080 a prog 23+017		Total			155 °C	
Exp: N°0045-015378/10		100,0%			TEMP. DE MOLDEO	
COMITENTE: DIRECCION PROVINCIAL DE VIALIDAD DE CORDOBA		Factor de Aro			140 °C	
%ASFALTO		5,4%			11,27	
Registro						
Obs: ASFALTO CA30 CON 0,2% MEJORAD						

PROVEEDOR AFEMA S.A	OBSERVACIONES	VERIFICACION DE PUNTO DE OPTIMA
COMITENTE DPV CORDOBA		
LABORATORIO VILLA RETIRO		
ENCARGADO ENSAYO		

A continuación se muestra en la Figura 55, el resultado de un Ensayo Marshall completo en el cual además contiene la parte de determinación de la densidad Rice, y recuperación del agregado para determinar la granulometría del agregado mineral en la Figura 56 en la siguiente página.

AFEMA S.A. Villa Retiro		SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC) Registro 13 del procedimiento 001 del área de Laboratorio													
Ruta 111 Km 7,5 Villa Retiro Cba		Marshall Registro: L.001.13.AF.01923													
Muestra Registro L.001.01.AF.05713		Fecha Elaboracion 05/02/2013						Fecha Ensayo 05/02/2013							
MATERIAL: CAC D 19		MEZCLAS ASFALTICAS - ENSAYOS MARSHALL RICE Y ABSON													
Residual	Probeta	Peso seco	Volumen	Densidad Marshall	Vacios	Asfalto en Volumen	V.A.M	B/V	Altura Probeta	Factor Correccion	Lectura dial	Estabilidad	Fluencia	Estabilidad-Fluencia	
	Nº	gs	P.Sat. - P.Sumerg.	3=1/2	4	5	6 = 4+5	7 = 5/6	8	9	10 = 8 x 9 x 13	11	12 = 10 / 11		
<input type="checkbox"/>	1	1235	508	2,431	4,1%	13,4%	17,5%	76,4%	63,5	1,00	129	1453,8	3,5	4154	
<input type="checkbox"/>	3	1238	509	2,432	4,1%	13,4%	17,5%	76,6%	63,6	1,00	107	1205,9	2,8	4307	
<input checked="" type="checkbox"/>	2	1238	509	2,432	4,1%	13,4%	17,5%	76,6%	63,6	1,00	90	1014,3			
<input checked="" type="checkbox"/>	4	1236	508	2,433	4,1%	13,4%	17,4%	76,7%	63,3	1,00	96	1081,9			
<b>Promedio</b>				2,432	4,1%	13,4%	17,5%	76,6%				1329,9	3,1	4230	
<b>Especificación</b>					3 - 5		> 14	70 - 85				> 800	2 - 4,5	2500 - 4000	

UBICACION		% de ASFALTO		Material		Proveedor		Aridos Mezcla	
Extraido:		5,5%		TRITURADO 6-19		CANTERA DIQUECITO		40,0 37,8	
PLANTA VILLA RETIRO (NO USAR) - NINGUNO - NINGUNO - NINGUNO Carril: NINGUNO prog: 0		Registro L.001.14.AF.01945		TRITURADO 0-6		CANTERA DIQUECITO		45,0 42,5	
Colocado:		RICE: 2,536		ARENA SILICEA		SAQUI ARENERA		15,0 14,2	
R.P.A-174 CORDOBA-COLONIA TIROLESA - CALZADA UNICA - CALZADA - CARPETA (BACHEO CON FRESA) Carril: CENTRAL prog: 0		Registro L.001.05.AF.01908		Asfalto				5,5	
Comitente: DIRECCION PROVINCIAL DE VIALIDAD		Factor de Aro: 11,27 Kg/div		Temperatura de Elaboracion: 160 °C		Temperatura de Moldeo: 140 °C			
Proveedor: AFEMA S.A		RESIDUAL		Prom Normales 1330		Prom Residuales 1048		78,8%	
Laboratorio: VILLA RETIRO		BACHEO MANUAL Y C/FRESADORA - BACHEO EN R.P.14 Y A-1		Especificación		>75%			

Figura 55: Resultado del Ensayo Marshall Completo Carpeta de Rodamiento.

En la siguiente *Figura 56*, se puede observar el resultado del ensayo de granulometría realizado a partir de la recuperación del árido de la mezcla asfáltica. Dicho procedimiento se explica en el apartado [5.1. Suelos]

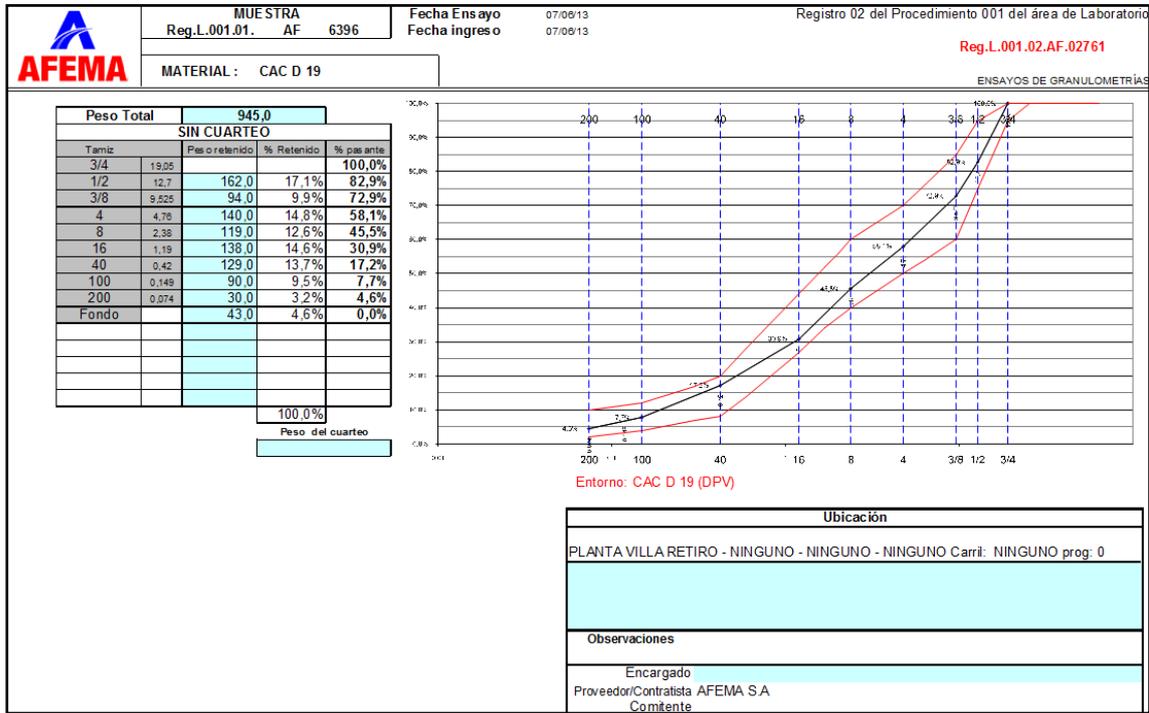


Figura 56: Resultado del Ensayo de Granulometría Carpeta de Rodamiento

En la *Figura 57* se detallan los resultados globales del Ensayo Marshall sobre una serie de muestras.

Sistema de Aseguramiento de la Calidad (S.A.C.)														
AFEMA S.A. Villa Retiro										Ensayos Marshall				
Ruta 111 Km 7,5 Villa Retiro Cba														
AUTOVIA RUTA 36														
Prog	Muestra	Registro	F.Elab.	D.Marsh.	%Vac.	VAM	B/V	Estab.	Fluen.	E/F	Rice	%Asf.	%Resid	
CONCEDENTE DIRECCION PROVINCIAL DE VIALIDAD														
AUTOVIA RUTA 36 - CALZADA DERECHA - CALZADA														
MEZCLA TIPO CACD19														
4570 / 5315	.AF.06205	.AF.02057	16/05/2013	2,411	3,7	17,0	78,1	1.138	3,0	3.968	2,504	5,5	91	
2110 2830	.AF.06675	.AF.02144	14/07/2013	2,409	3,8	17,0	77,9	1.037	3,0	3.766	2,503	5,5	87	
PROMEDIO				2,410										5,50
AUTOVIA RUTA 36 - CALZADA IZQUIERDA - CALZADA														
MEZCLA TIPO CACD19														
2110 / 2780	.AF.06676	.AF.02145	14/07/2013	2,405	4,0	17,0	76,5	1.146	3,2	3.720	2,505	5,4	89	
PROMEDIO				2,405										5,40
AUTOVIA RUTA 36 - CALZADA UNICA - CALZADA														
MEZCLA TIPO CACD19														
4205 / 4670	.AF.05868	.AF.01983	19/03/2013	2,445	3,7	17,1	78,5	1.037	3,1	3.490	2,538	5,5	89	
4205 / 4570	.AF.05868	.AF.01983	19/03/2013	2,445	3,7	17,1	78,5	1.037	3,1	3.490	2,538	5,5	89	
275 / 660	.AF.05889	.AF.01993	25/03/2013	2,450	3,3	16,8	80,4	982	3,0	3.600	2,533	5,5	82	

Figura 57: Resultado [Globales] de Carpeta de Rodamiento

## ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

De la tabla anterior vemos que se cumple con todas las tolerancias. La Densidad Marshall podemos decir que ronda los 2,4 tn/m<sup>3</sup>, que es la misma que se determinó a la hora de la dosificación. Si la Densidad Marshall se encuentra en rango de aceptación, será lo más probable que todos los demás parámetros también se cumplan.

El porcentaje de asfalto es de 5,4 % lo cual es igual al dosaje de diseño. Los demás parámetros como Estabilidad mínima, Fluencia, Vacíos totales, Relación betún-vacíos, Relación Estabilidad - Fluencia, Estabilidad Residual están todos dentro de los parámetros de diseño.

La relación E/F recomienda valores máximos de 4000 kg/cm. Estos valores no se alcanzan y son ampliamente superiores al valor mínimo de 2100 kg/cm.

Los resultados de la recuperación de áridos se encuentran dentro de los límites granulométricos.

En general, los distintos valores que constituyen el Ensayo Marshall no presentaron gran dispersión, lo cual refleja la calidad de la producción de asfalto.

## 6.4.2. PAVIMENTO DE HORMIGON

Este ítem incluye el pavimento de hormigón simple de 0,22 m de espesor, a construir en la zona urbana de la Colonia Tirolesa y Santa Isabel y la reconstrucción de los badenes existentes, de acuerdo a lo indicado en los planos de proyecto y las instrucciones que imparta la Inspección.

La construcción de los pavimentos de hormigón, se regirá por lo indicado en la reglamentación CIRSOC en su versión actualizada, en lo que no se oponga a la presente especificación.

### CONDICIONES A CUMPLIR:

La compactación del hormigón se ejecutará cuidadosamente mediante reglas vibrantes de superficie. El alisado y terminación superficial de la calzada se ejecutarán con medios aprobados que aseguren una adecuada terminación superficial en cuanto a la lisura, rugosidad, gálibo, respetando las cotas de diseño y produciendo un correcto escurrimiento de las aguas. El perfecto drenaje superficial deberá ser cumplido tanto en las áreas reconstruidas como en las adyacentes.

En todos los casos se limpiará el pavimento ejecutado, quedando al finalizar las tareas y antes de abandonar la zona, toda el área en condiciones de total librado al tránsito, el cual deberá proveerse a los 28 días de hormigonado.

- Resistencia del pavimento:

La determinación de los valores de resistencia a la compresión y espesores del pavimento ejecutado se realizará en base a ensayos practicados sobre probetas extraídas del pavimento mediante caladoras rotativas.

En cuanto a resistencia y trabajabilidad que deben cumplir los hormigones, se establecen los siguientes valores:

Hormigón Clase	Resistencia Característica a la edad de 28 días	Resistencia Media de c/ serie de 3 ensayos consecutivos	Resistencia a mínima a la compresión a la edad de 7 días	Resistencia a mínima a la compresión a la edad de 28 días	Máxima relación agua / cemento	Asentamiento máximo
CIRSOC	[Kg./cm <sup>2</sup> ]	[Kg./cm <sup>2</sup> ]	[Kg./cm <sup>2</sup> ] [MPa]	[Kg./cm <sup>2</sup> ] [MPa]	En peso	[cm.]
H-30	$\sigma_{bk} : 300$	$\sigma_b : 350$	218 (22)	285 (29)	0,45	5 ± 2

- Juntas:

El aserrado se llevará a cabo dentro de un periodo de 6 a 12 horas como máximo y siempre dentro de las mismas jornadas de labor en que se ejecutó el hormigonado, pudiendo reducirse dicho tiempo en las épocas de verano, acorde a las órdenes de la Inspección.

La profundidad del corte será de 1/3 del espesor mínimo de la losa. Las juntas deben realizarse por aserrado con máquina cortadora a sierra circular, que sea capaz de lograr un rendimiento compatible con el área del estipulado, antes que el hormigón produzca tensiones con el riesgo de agrietamiento de las losas.

Juntas de dilatación: Se construirán con material compresible, aprobado por la Inspección y de un espesor mínimo de 2 cm. Cuando el pavimento a ejecutar termine coincidentemente con una junta de dilatación anteriormente ejecutada, ya sea con viga, pasadores o ambos, la nueva junta de dilatación se ejecutará de acuerdo al criterio de la Inspección.

Juntas de contracción y construcción: Serán simuladas a borde superior y ubicadas de tal modo que los paños que se forman no tengan superficies mayores a 20 m<sup>2</sup>, salvo modificaciones en contrario por parte de la Inspección.

▪ Sellado de juntas:

Se ejecutará después de haber procedido a la correcta limpieza de los mismos, removiendo y extrayendo todo material extraño que pueda existir en ella, hasta una profundidad mínima de 5 cm, empleando las herramientas adecuadas, soplado, cepillado, secado, según fuera necesario; efectuándose las operaciones en una secuencia ordenada tal que no se perjudiquen zonas limpiadas con operaciones posteriores.

El relleno de juntas se hará con mezclas plásticas de bajo módulo aplicables en frío, debiendo el material cumplir las siguientes condiciones:

- Módulo de deformación menor de 30 Kg./cm<sup>2</sup>
- Elongación de rotura mayor de 1.200 %
- Recuperación elástica luego de la compresión mínimo 90 %

Su colocación se hará de acuerdo a las indicaciones del fabricante, especificaciones del presente Pliego y órdenes impartidas por la Inspección.

▪ Curado del hormigón:

El riego se efectuará en forma uniforme; el líquido debe aplicarse a las dos horas de hormigonado como máximo, y siempre se garantizará un espesor de película adecuado a la época del año en que se trabaja.

Se deberá realizar el curado con productos químicos aprobados por la Inspección.

Como membrana de curado sólo se aceptarán membranas a base de resinas de base solvente, y serán aplicadas en dos capas de acuerdo con las indicaciones de los proveedores, a las órdenes de la Inspección y las necesidades técnicas de la obra.

▪ Protección del afirmado:

El contratista deberá proteger adecuadamente la superficie del afirmado, para lo cual colocará barricadas en lugares apropiados para impedir la circulación. En las noches se emplazarán en las barreras, y en todo sitio de peligro faroles.

▪ Lisura superficial:

Se verificará la lisura superficial obtenida en el pavimento mediante el empleo de regla de 3m, en el sentido longitudinal. En base a esto no se deberán detectar irregularidades superiores a los 4mm.

**ENSAYO DE CONTROL DE HORMIGONES ELABORADOS EN OBRAS (VN-E3 -69)**

*Esta norma detalla el procedimiento a seguir para el control de resistencia de hormigones ya sea de pastones de prueba o durante el colocado de estructuras.*

**APARATOS**

- Carretilla playa, capacidad 30 lts bandeja de metal de 0,60 x 0,60 x 0,09 m
- Pala ancha.
- Cuchara de almacenero.

- *Moldes cilíndricos de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura, con sus respectivas bases.*
- *Barreta de 16 mm. de 60 cm. de longitud con punta roma.*
- *Enrasador de aproximadamente 10 mm. de espesor por 25 cm. de largo (se puede obtener de un trozo de hoja de elástico de camión)*
- *Tamiz IRAM 1,2 mm. (A.S.T.M. N° 16)*
- *Molde tronco - cónico y placa - base (para determinación de consistencia- Norma IRAM 1536)*
- *Metro o cinta con divisiones en centímetros.*
- *Varilla de 6 mm. de diámetro y 0,80 m de longitud con forma de aro de 3,5 a 4 cm de diámetro en un extremo (para improvisar una manija) y formando ancho en el otro.*

### **EXTRACCIÓN DE LA MUESTRA**

*Cuando sea necesario extraer una muestra representativa del hormigón fresco, ésta deberá efectuarse de acuerdo a la Norma IRAM 1541. Por lo tanto se realizará la toma de la muestra a partir del 2º pastón, salvo casos especiales y no deberá ser inferior a 30 lts.*

### **LUGAR DE EXTRACCIÓN**

*Cuando se trate de hormigoneras pavimentadoras, la extracción se efectuará del material ya volcado sobre la Subrasante.*

*Cuando se trate de tomar muestra de hormigoneras transportadoras a tambor giratorio, la toma se llevará a cabo varias veces durante la descarga, en períodos regularmente espaciados.*

### **PREPARACIÓN DE LOS MOLDES**

*Dentro de obrador se localizará un lugar de base firme, donde serán llenados los moldes que previamente habrán sido engrasados en toda su superficie interna, con grasa mineral pero sin exceso.*

*Los moldes para la preparación de las probetas para ensayo a compresión, serán perfectamente estancos (Norma IRAM 1534) y una vez cerrados, su borde superior no debe presentar ningún resalto a fin de poder efectuar un enrase perfecto de la cara correspondiente, después del llenado con el hormigón fresco.*

*Cuando los moldes, ya sea por construcción o por el uso continuado, no fueran suficientemente estancos, deberá corregirse este inconveniente por medio de una pasta selladora, que se pueda recuperar y se obtiene de la siguiente manera:*

*En un recipiente se colocarán 1000 gr. de cera virgen y se pondrá en estufa a 100 °C. Una vez fundida se agregarán 150 cm<sup>3</sup> de aceite de lino cocido y 50 cm<sup>3</sup> de aguarrás, una vez bien mezclado se retirará de la estufa, dejándolo enfriar si es posible en un molde hecho de cartón o cartulina.*

### **MEDIDA DEL ASENTAMIENTO**

*Toda prueba de resistencia deberá ser complementada con la medida del asentamiento (Norma IRAM 1536). Esta prueba se efectuará con el molde troncocónico el que una vez humedecido será colocado en un extremo de la placa base también humedecida. El molde será llenado con el material de ensayo en tres capas, punzando cada capa 25 veces con la barreta de 16 mm. de diámetro, tratando en el punzonado de la primera capa de no golpear el fondo con la barreta y en las capas sucesivas que dicho punzonado llegue hasta la capa inmediata inferior. Una vez lleno será enrasada la superficie. Inmediatamente se retirará el molde suavemente en sentido vertical colocando este al lado del material desmoldado y sobre la capa base. El valor del asentamiento estará dado por la distancia medida en el eje de dicho material, hasta la proyección sobre el mismo de la altura del molde, que se efectuará con la misma barreta usada para el punzonado o una regla convenientemente condicionada para tal fin.*

*Una vez efectuada la medida se podrá comprobar si el hormigón tratado está bien graduado, en cuando a su relación mortero y trabajabilidad, si golpeándolo suavemente los costados con la barra de punzonado, este va aumentando el asentamiento pero sin desmoronarse.*

*El material para el llenado de los moldes, ya sea para control del asentamiento como para el de resistencia, deberá, después de mezclado, ser distribuido ya sea en la carretilla o en la bandeja en forma pareja. Luego dicho material se extraerá comenzando desde un borde, haciendo un corte con la cuchara de llenado (de almacenero) extrayendo el material hasta el fondo en cada corte y avanzando de esta forma sobre el resto de la mesa. Este procedimiento será necesario para mecanizar la labor de llenado, a fin de no influenciar al operador a seleccionar el material durante esta operación.*

### **LLENADO DE LOS MOLDES CILÍNDRICOS**

*Seguidamente se procederá al colocado en los moldes, los que serán llenados simultáneamente por tercios para el llenado del tronco-cono, pero completando la acción en cada capa, con 20 sacudidas por cada lado del molde, pivoteando sobre el lado opuesto de la base del mismo y dejándolo caer desde 2,5 cm, de altura aproximadamente. Esta operación se realizará con la varilla de 6 mm de diámetro enganchando la base del molde en un lugar del sistema de unión a la base.*

*Si al efectuar el llenado de las probetas se observaran granos de material mayores a 51 mm deberán ser retirados, teniendo en cuenta que esa dimensión (mayor a 1/3 del diámetro de la probeta) alterará los valores de resistencia que deben ser bienes representativos del hormigón colado en obra. Una vez llenos los moldes, se procederá al primer enrasado del material contenido en los mismos esta operación se efectuará con el enrasador.*

### **REPOSO DE LAS PROBETAS**

*Las probetas, en las condiciones dadas, serán llevadas a un lugar cubierto, de poca circulación, húmedo y de temperatura ambiente lo más aproximadamente posible a 20°C. Si hubiera que trasladar los moldes después de su llenado, a un lugar adecuado como el descrito, se lo hará inmediatamente y se verificará nuevamente en enrase de manera que no quede ninguna porción de material sobre el nivel del borde del molde, para no perturbar la superficie de la probeta al efectuar el encabezado de la misma. Este se efectuará después de reposo que se mantendrá durante 3 o 4 hs. o sea hasta el comienzo del fragüe del cemento y una vez producida la retracción del material.*

### **ENCABEZADO DE LAS PROBETAS**

*Se tamizará por el Tamiz IRAM 1,2 mm. (Nº 16) 500 gr. de arena (para tres probetas) la que se mezclará en seco con 250 gr. de cemento (relación 1:2 en peso) y luego se le agregará agua hasta producir un mortero de consistencia suficientemente plástica.*

*El mortero para el encabezamiento se colocará en el centro de la cara de la probeta y se extenderá hacia los bordes con el enrasador, presionando el material y alisando con movimientos de vaivén, hasta producir un plano bien determinado y liso en toda su superficie, a fin de evitar la concentración de cargas al someter la probeta al ensayo de resistencia.*

### **IDENTIFICACION DE LAS PROBETAS**

*El curado de las probetas hasta 28 días desde el momento de colado se hará por inmersión en agua en la que se colocarán las probetas una vez efectuado el desmolde y marcación. No deberán colocarse en el curso de aguas o sea en un lugar de continua corriente. En el caso de efectuarse el curado en un tanque o pileta, deberá evitarse toda acidez en el agua agregando a esta una porción de cal, en relación de 3 % en peso.*

*Después de los 28 días, cuando la probeta haya sido curada por inmersión en agua deberá ser retirada de ésta y mantenida en condiciones húmedas hasta el momento del ensayo.*

*Cuando la probeta se retira del agua para ser ensayada, el ensayo se efectuará a las 2 o 3 horas de esta operación.*

*Toda las operaciones descriptas, tanto las de ejecución de la probeta, como las de curado, deben tratar de realizarse con temperaturas lo más próximas posibles a los 21°C. Cuando las condiciones óptimas necesarias no hayan sido logradas y la temperatura no se halle entre los límites extremos de  $21 \pm 3^\circ\text{C}$ , deberá constar dicha temperatura en el informe correspondiente al ensayo.*

### CURADO DE LAS PROBETAS

El curado de las probetas hasta 28 días desde el momento de colado se hará por inmersión en agua en la que se colocarán las probetas una vez efectuado el desmolde y marcación. No deberán colocarse en el curso de aguas o sea en un lugar de continua corriente. En el caso de efectuarse el curado en un tanque o pileta, deberá evitarse toda acidez en el agua agregando a esta una porción de cal, en relación de 3 % en peso.

Después de los 28 días, cuando la probeta haya sido curada por inmersión en agua deberá ser retirada de ésta y mantenida en condiciones húmedas hasta el momento del ensayo.

Todas las operaciones descriptas, tanto las de ejecución de la probeta, como las de curado, deben tratar de realizarse con temperaturas lo más próxima posibles a los 21°C. Cuando las condiciones óptimas necesarias no hayan sido logradas y la temperatura no se halle entre los límites extremos de 21° ± 3°C, deberá constar dicha temperatura en el informe correspondiente al ensayo.

### OBSERVACIONES

Para que las prevenciones tomadas en el enrase y alisado de la superficie sean efectivas, es indispensable que los bordes del molde concuerden al efectuar el armado de los mismos. Si por defecto de los moldes no se pudiera realizar esta operación, deberán ser rectificadas para que cumplan esta condición.

Deberá agotarse, por lo tanto, todas las medidas, tendientes a evitar un encabezado posterior de la probeta, porque, aunque este prevista su realización con el recurso de pastas y morteros especiales requiere técnicas más laboriosas y delicadas que la expuesta, la que asegura, sin lugar a dudas, una transmisión adecuada de esfuerzos a la estructura de la probeta durante su ensayo.

En la siguiente *Figura 58* se muestra una ficha que describe la labor de campo y las anotaciones que se toman durante el trabajo de colado de hormigón. Estas muestras se toman en forma rutinaria a medida que los camiones hormigoneros van arribando a la zona de colado.

Remito	Tipo Horm.	Muestra	Fecha	m3	Asent.	Nº Probeta	Losas	Ancho	Largo	Espesor	m³ Teóricos	Espesor Real	Obs.
<b>Progresiva: 1750 - 1908</b>													
0001-00030965	H32	L.001.01.AF.05597	11/12/2012	9	6	1, 2, 3, 4	1A - 2A - 3A						Losas Rotas: 6A y 7A - 4A
0001-00030963	H32		11/12/2012	11	8		4A - 5A - 6A						
0001-00030970	H32	L.001.01.AF.05598	11/12/2012	7	7	5, 6, 7, 8	7A - 8A						
0001-00030988	H32		11/12/2012	7,5	6,5		9A - 10A						
<b>Totales</b>				<b>34,5</b>			<b>1A - 10A</b>	<b>3</b>	<b>50</b>	<b>0,22</b>	<b>33</b>	<b>0,23</b>	
0001-00031023	H32	L.001.01.AF.05605	12/12/2012	8	13,5	9, 10, 11, 12	11A - 12A						Losas Rotas: 12A
0001-00031031	H32		12/12/2012	11	6,5		13A - 14A - 15A						
0001-00031035	H32	L.001.01.AF.05606	12/12/2012	7	4	13, 14, 15, 16	16A - 17A						
<b>Totales</b>				<b>26</b>			<b>11A - 17A</b>	<b>3</b>	<b>35</b>	<b>0,22</b>	<b>23,1</b>	<b>0,25</b>	
0001-00031047	H32	L.001.01.AF.05610	13/12/2012	11	4	17, 18, 19, 20	18A - 19A - 20A						
0001-00031055	H32		13/12/2012	11	6,5		21A - 22A - 23A						
0001-00031059	H32	L.001.01.AF.05617	13/12/2012	8	8,5	21, 22, 23, 24	24A - 25A						
0001-00031070	H32		13/12/2012	7,5	11		26A - 27A						
<b>Totales</b>				<b>37,5</b>			<b>18A - 27A</b>	<b>3</b>	<b>52</b>	<b>0,22</b>	<b>34,32</b>	<b>0,24</b>	
0001-00031077	H32	L.001.01.AF.05618	13/12/2012	7	5,5	25, 26, 27, 28	R. 6A - 7A						Rep.
<b>Totales</b>				<b>7</b>			<b>R. 6A - 7A</b>	<b>3</b>	<b>9,2</b>	<b>0,22</b>	<b>6,07</b>	<b>0,25</b>	
0001-00031079	H32	L.001.01.AF.05619	14/12/2012	11	4	29, 30, 31, 32	1B - 2B - 3B						Losas Rotas: 4B
0001-00031089	H32		14/12/2012	11	7,5		4B - 5B - 6B						
0001-00031095	H32	L.001.01.AF.05620	14/12/2012	7	10	33, 34, 35, 36	7B - 8B						
0001-00031101	H32		14/12/2012	8	17		9B - 10B						
<b>Totales</b>				<b>37</b>			<b>1B - 10B</b>	<b>3</b>	<b>50</b>	<b>0,22</b>	<b>33</b>	<b>0,25</b>	
0001-00031113	H32	L.001.01.AF.05632	15/12/2012	11	7,5	39, 40, 41, 42	11B - 12B - 13B						
0001-00031114	H32		15/12/2012	11	9		14B - 15B - 16B						
0001-00031116	H32	L.001.01.AF.05633	15/12/2012	11	6	43, 44, 45, 46	17B - 18B + P. Baden	3	6,06	0,22	4,00		
0001-00031117	H32		15/12/2012	7,5	7		19B - 20B - 21B	3	53	0,22	34,98		
<b>Totales</b>				<b>40,5</b>			<b>11B - 21B + P. Baden</b>				<b>38,98</b>	<b>0,23</b>	
0001-00031120	H32	L.001.01.AF.05634	17/12/2012	11	6	47, 48, 49, 50	22B - 23B - 24B						Losas Rotas: 22B, 23B, 25B, 26B, 27B
0001-00031121	H32		17/12/2012	11	3,5		25B - 26B - 27B						
0001-00031122	H32	L.001.01.AF.05635	17/12/2012	11	11	51, 52, 53, 54	28B - Baden EN - ES	3	12,73	0,22	8,40		
0001-00031124	H32		17/12/2012	2	6		Baden ES	3	33,4	0,22	22,04		
<b>Totales</b>				<b>35</b>			<b>22B - 28B + Baden EN - ES</b>				<b>30,45</b>	<b>0,25</b>	
0001-00031151	H32		19/12/2012	1,5			R. 12A						Rep.
<b>Totales</b>				<b>1,5</b>			<b>R. 12A</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0,22</b>	<b>1,32</b>	<b>0,25</b>	
0001-00031296	H32	L.001.01.AF.05659	23/01/2013	7,5	6,5	55, 56, 57, 58	Cordon Cuneta I (1725 - 1908)						
<b>Totales</b>				<b>7,5</b>				<b>0,75</b>	<b>45</b>	<b>0,22</b>	<b>7,43</b>	<b>0,22</b>	
0001-00031327	H32		25/01/2013	7,5	6,5		Baden Oeste (Illa - Conci)						
0001-00031331	H32		25/01/2013	1									
<b>Totales</b>				<b>8,5</b>			<b>Baden</b>						

Figura 58: Control de asentamiento e identificación de muestras

El material para dichas losas, es un hormigón H30, con relativamente poco asentamiento, para así poder mantener alta la relación agua-cemento.

Este hormigón elaborado es provisto por la empresa HOLCIM, y no fabricado en la empresa como los demás productos que la misma elabora. Esto se debe a la magnitud de los volúmenes que se requieren. La superficie a hormigonar se calcula según el cómputo métrico analítico en 105.903 m<sup>2</sup>. El espesor de la capa es de 0,22 m, entonces el volumen necesario es de 23.298 m<sup>3</sup>.

No obstante, en la Empresa, el año pasado en vísperas de concluir el proyecto, se hizo una dosificación el hormigón tentativa. En la siguiente *Figura 59* se muestra el resultado de la dosificación de hormigón H30.

DOSIFICACION DE LABORATORIO						AFEMA S.A	OBRAS VIALES
Referencia de la amasada:		<b>Hormigon H30 ASENTAMIENTO 5</b>		Fecha:		03/10/2012	
Material	% de áridos	Dosificación kg/m <sup>3</sup>	Agua kg/cm <sup>3</sup>	% Absorc.	% Humedad	Dosificación por amasada	
Cemento		385,00				19,25 Kg	
Agua		155,00	170,00			6,65 Kg	
Aditivo plastificante		2,70	1,62			0,11 Kg	
Aditivo superfluid.							
Tercer aditivo							
Arena fina				1,00			
Arena gruesa	42%	787,00		1,00	3,80	40,45 Kg	
Triturado 6/19	26%	480,00		0,90	0,90	24,00 Kg	
Triturado 19/32	32%	584,00				29,20 Kg	
Contenido de aire							
<b>TOTALES</b>	<b>100%</b>	<b>2394</b>	<b>155</b>				
Agua/cemento	<input type="text" value="0,40"/>		Volumen amasada		<input type="text" value="50 lt"/>		
Aditivo Plastif.	<input type="text" value="0,7"/> % en peso del cemento		<input type="text"/>				
Aditivo aireante	<input type="text"/> % en peso del cemento		<input type="text"/>				
Aditivo 3	<input type="text"/> % en peso del cemento		<input type="text"/>				
Observación:							
Probeta N°	Edad	Fecha de Ensayo	Resistencia	Promedio	Observación		
1	7	10-oct	270	267			
2	7	10-oct	264				
3	28	31-oct	343	347			
4	28	31-oct	347				
5	28	31-oct	350				

Figura 59: Dosificación de Hormigón

## ENSAYO DE COMPRESION DE PROBETAS DE HORMIGON ENDURECIDO (IRAM 1546)

### OBJETO

*Establecer el método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de probetas y testigos de hormigón de cemento portland.*

### INTRUMENTAL

*Maquina de ensayo:*

- *Sistema de regulación de aplicación de carga*
- *Platos de carga*
- *Rotula*
- *Elementos de lectura de cargas*

*Muestras para el ensayo y probetas:*

- *Las probetas para la realización de este ensayo cumplirán con lo establecido en las normas IRAM 1524 e IRAM 1534*
- *Los testigos de hormigón endurecido para la realización de este ensayo cumplirán con lo establecido en norma IRAM 1551.*
- *Preparación de las bases. Previo a la ejecución del ensayo, se prepararan las bases de las probetas y testigos de acuerdo con lo establecido en norma IRAM 1553.*

### MEDICIONES

*El diámetro de las probetas de ensayo se determina promediando las longitudes de dos diámetros normales medidos en la mitad de la altura del espécimen. La altura de las probetas, incluyendo las capas de terminado. Se medirán asegurando el 1 mm, procediéndose de acuerdo con lo indicado por la norma IRAM 1574.*

### PROCEDIMIENTO

*Antes de de iniciar cada ensayo, se limpian cuidadosamente las superficies planas de contacto de los platos superiores e inferiores de la maquina y también ambas bases de cada probeta.*

*Se coloca la probeta sobre el plato inferior de apoyo y se lo centra sobre su superficie. Al iniciarse el acercamiento de la probeta al bloque superior, la parte móvil de este se hace rotar en forma manual, con el fin de facilitar un contacto uniforme y sin choques con la base superior de la probeta.*

*A continuación se aplica la carga en forma continua y sin choques bruscos, de manera que el aumento de la tensión media sobre la probeta sea de 0,4 Mpa/s +- 0,2 Mpa/s.*

*La carga se aplica sin variación hasta que la probeta se deforme rápidamente antes de la rotura. A partir de ese momento, no se deben modificar las posiciones de los mandos de la maquina hasta que se produzca la rotura. Se registra el valor de la carga máxima alcanzada y el tipo de rotura y, además, toda la información relacionada con el aspecto del hormigón en la zona de rotura.*

### CALCULOS

*La resistencia de la probeta se calcula mediante la siguiente fórmula:*

$$\sigma_c = \frac{40 \times Q}{\pi \times d^2}$$

*Siendo:  $\sigma_c$  = la resistencia a la compresión, en Mpa; Q= la carga máxima alcanzada, en dN; y d= diámetro de la probeta, en mm.*

A continuación, en la *Figura 60*, se muestra el resultado de una serie de ensayos realizados en el laboratorio de AFEMA S.A. sobre las muestras obtenidas rutinariamente, durante el colado de las losas de hormigón en el perfil urbano.

AFEMA S.A. Villa Retiro						Registro 7 del Procedimiento 01 del área Laboratorio					
Ruta 111 Km 7,5 Villa Retiro Cba						Reg.L.001.07 N					
Concedente DIRECCION PROVINCIAL DE VIALIDAD						Miércoles, 21 de Agosto de 2013					
Datos de Ubicacion						Datos de Ensayo					
Muestra	Fecha Moldeo	Obs	Colocado	Proveedor	Hº Tipo	Asent (cm)	Nº Prob	Rotura	Edad	Resisten cia	Ros
L.001.01.AF.06004	16/04/13	--	R.P.A.-174 CORDOBA-COLONIA TROLESA - CALZADA - LOSA Carril: CENTRAL prog:0 Reg.01311	HOLCIM	H30	7	264	16/05/13	30	328	324
		--		HOLCIM	H30	7	263	16/05/13	30	339	335
L.001.01.AF.06005	--	--	R.P.A.-174 CORDOBA-COLONIA TROLESA - CALZADA - LOSA Carril: CENTRAL prog:0 Reg.01312	HOLCIM	H30	6	266	16/05/13	30	334	330
		--		HOLCIM	H30	6	267	16/05/13	30	334	330
L.001.01.AF.06028	17/04/13	--	R.P.A.-174 CORDOBA-COLONIA TROLESA - CALZADA - LOSA Carril: CENTRAL prog:0 Reg.01321	HOLCIM	H30	7	269	16/05/13	29	344	342
		--		HOLCIM	H30	7	270	16/05/13	29	359	357
L.001.01.AF.06029	--	--	R.P.A.-174 CORDOBA-COLONIA TROLESA - CALZADA - LOSA Carril: CENTRAL prog:0 Reg.01322	HOLCIM	H30	6,5	272	16/05/13	29	368	366
		--		HOLCIM	H30	6,5	273	16/05/13	29	369	367
L.001.01.AF.06147	06/05/13	--	R.P.A.-174 CORDOBA-COLONIA TROLESA - CALZADA - LOSA Carril: CENTRAL prog:0 Reg.01368	HOLCIM	H30	6	370	15/05/13	9	281	372
L.001.01.AF.06148	--	--	R.P.A.-174 CORDOBA-COLONIA TROLESA - CALZADA - LOSA Carril: CENTRAL prog:0 Reg.01369	HOLCIM	H30	7	373	15/05/13	9	263	348
L.001.01.AF.06149	--	--	R.P.A.-174 CORDOBA-COLONIA TROLESA - CALZADA - LOSA Carril: CENTRAL prog:0 Reg.01370	HOLCIM	H30	7	376	15/05/13	9	282	373
L.001.01.AF.06166	07/05/13	LOSA - 313 - LOSA -313 -	R.P.A.-174 CORDOBA-COLONIA TROLESA - CALZADA - LOSA Carril: CENTRAL prog: Reg.01375	HOLCIM	H30	6	379	16/05/13	9	308	408

**Figura 60: Resultado de Ensayo de Compresión Simple de Probetas de Hormigón**

Las probetas de hormigón se moldean en el lugar de ejecución de losa y luego de 24 hs se las lleva al laboratorio para dejarlas que fragüen en una cámara que AFEMA tiene especialmente para dicho fin. Dicha cámara mantiene la humedad cerca del 100%, mediante el riego continuo de las probetas con un sistema de aspersores y un sistema de recolección y recirculación continua del agua.

Además de ensayar las probetas hechas a pie de obra a partir del hormigón fresco, también se ensayan testigos de hormigón que son calados a modo de control a lo largo del tramo. Dichos calados se realizan mediante una moto caladora con un cilindro saca testigos.

A continuación se muestra en el *Figura 61* el resultado del Ensayo de Compresión Simple de Testigos obtenidos en la Ruta A-174.

		SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (SAC) Registro 29 del procedimiento 001 del área de Laboratorio <b>Reg.L.001.29.AF.000113</b>																																																																																			
		<b>ENSAYO A COMPRESION SIMPLE</b>																																																																																			
MUESTRA L.001.01.	AF	06103	FECHA ELABORACION				FECHA ENSAYO					25-abr-2013																																																																									
MATERIAL <b>TESTIGO HORMIGON H30</b>																																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Probeta N°</th> <th rowspan="2">Fecha Elaboracion</th> <th rowspan="2">Dias</th> <th rowspan="2">Sección cm<sup>2</sup></th> <th rowspan="2">Altura cm</th> <th rowspan="2">Diametro cm</th> <th rowspan="2">Lect. Dial Div.</th> <th rowspan="2">Factor aro</th> <th rowspan="2">Carga Tot. Kg.</th> <th rowspan="2">Rel. h/d</th> <th rowspan="2">Factor Corr. aid</th> <th colspan="3">Resist. Compresión</th> </tr> <tr> <th>Kg/Cm<sup>2</sup></th> <th>Ross</th> <th>Correg. X edad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>28-mar</td> <td>28</td> <td>80,6</td> <td>20,50</td> <td>10,13</td> <td>27380</td> <td>1,0</td> <td>28271,5</td> <td>2,02</td> <td>1,01</td> <td>354,00</td> <td>1,000</td> <td>354,00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>27-mar</td> <td>29</td> <td>81,2</td> <td>20,40</td> <td>10,17</td> <td>27330</td> <td>1,0</td> <td>28396,7</td> <td>2,01</td> <td>1,00</td> <td>351,00</td> <td>0,996</td> <td>349,72</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>28-mar</td> <td>28</td> <td>81,0</td> <td>20,50</td> <td>10,16</td> <td>27230</td> <td>1,0</td> <td>28167,0</td> <td>2,02</td> <td>1,01</td> <td>350,00</td> <td>1,000</td> <td>350,00</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>04-abr</td> <td>21</td> <td>81,5</td> <td>20,70</td> <td>10,19</td> <td>27000</td> <td>1,0</td> <td>27653,9</td> <td>2,03</td> <td>1,01</td> <td>343,00</td> <td>1,061</td> <td>363,77</td> </tr> </tbody> </table>													Probeta N°	Fecha Elaboracion	Dias	Sección cm <sup>2</sup>	Altura cm	Diametro cm	Lect. Dial Div.	Factor aro	Carga Tot. Kg.	Rel. h/d	Factor Corr. aid	Resist. Compresión			Kg/Cm <sup>2</sup>	Ross	Correg. X edad	1	28-mar	28	80,6	20,50	10,13	27380	1,0	28271,5	2,02	1,01	354,00	1,000	354,00	2	27-mar	29	81,2	20,40	10,17	27330	1,0	28396,7	2,01	1,00	351,00	0,996	349,72	3	28-mar	28	81,0	20,50	10,16	27230	1,0	28167,0	2,02	1,01	350,00	1,000	350,00	4	04-abr	21	81,5	20,70	10,19	27000	1,0	27653,9	2,03	1,01	343,00	1,061	363,77
Probeta N°	Fecha Elaboracion	Dias	Sección cm <sup>2</sup>	Altura cm	Diametro cm	Lect. Dial Div.	Factor aro	Carga Tot. Kg.	Rel. h/d	Factor Corr. aid	Resist. Compresión																																																																										
											Kg/Cm <sup>2</sup>	Ross	Correg. X edad																																																																								
1	28-mar	28	80,6	20,50	10,13	27380	1,0	28271,5	2,02	1,01	354,00	1,000	354,00																																																																								
2	27-mar	29	81,2	20,40	10,17	27330	1,0	28396,7	2,01	1,00	351,00	0,996	349,72																																																																								
3	28-mar	28	81,0	20,50	10,16	27230	1,0	28167,0	2,02	1,01	350,00	1,000	350,00																																																																								
4	04-abr	21	81,5	20,70	10,19	27000	1,0	27653,9	2,03	1,01	343,00	1,061	363,77																																																																								
<b>UBICACION</b> Extraído de: R.P.A 174 CORDOBA COLONIA TIROLESA			<table border="1"> <tr> <td><b>COMPRESION</b></td> <td><b>349,50</b></td> <td>Kg/Cm2</td> </tr> <tr> <td><b>CORREGIDA POR EDAD</b></td> <td><b>354,37</b></td> <td>Kg/Cm2</td> </tr> </table>										<b>COMPRESION</b>	<b>349,50</b>	Kg/Cm2	<b>CORREGIDA POR EDAD</b>	<b>354,37</b>	Kg/Cm2																																																																			
<b>COMPRESION</b>	<b>349,50</b>	Kg/Cm2																																																																																			
<b>CORREGIDA POR EDAD</b>	<b>354,37</b>	Kg/Cm2																																																																																			
PROVEEDOR: HOLCIM CONCEDENTE: DPV LABORATORIO: VILLA RETIRO ENCARGADO ENSAYO:	OBSERVACIONES																																																																																				

Figura 61: Resultado de Ensayo de Compresión Simple de Testigos de Hormigón

## ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La rama de Hormigones es en AFEMA una actividad nueva. Hace apenas dos años que AFEMA cuenta con una planta de hormigón, habiendo sido una empresa dedicada exclusivamente del rubro asfáltico.

El ítem hormigón, como ya se detallo anteriormente, no es un ítem menor. Con más de 23.000 m<sup>3</sup> de hormigón colado en toda la obra, los controles son muy rigurosos y el control debe ser continuo.

De los resultados de los Ensayo anteriormente mencionados, se nota que todos cumplen con los requisitos antes expuestos.

La ejecución de casi de la mayoría del tramo de hormigón, los ejecuta la empresa CISA, la cual trabaja en UTE con AFEMA, como se menciona en el apartado 3. *Condicionante de Obra*. No obstante los controles se realizan en el laboratorio central de AFEMA.

## 6.5. DEMARCACION

El sistema uniforme de señalamiento vial brinda información a través de una forma convenida y unívoca de comunicación, destinada a transmitir al usuario de la vía pública, ordenes, advertencias, indicaciones u orientaciones, mediante un lenguaje que debe ser uniforme en toda la Provincia y el país según principios internacionales.

### 6.5.1. DEMARCACION HORIZONTAL

Se designan de este modo las marcas o elementos, estáticos o dinámicos, en directo contacto con las superficies de rozamiento, adheridos o pintados (que pueden o no sobresalir del plano horizontal) y que se conforman mediante la impresión de signos (letras, palabras o números) y gráficos (flechas líneas, cruces, triángulos) con el propósito de regular, guiar, canalizar y facilitar el uso de la vía, en condiciones de seguridad.

#### **Componentes de una demarcación horizontal vial:**

Una marca vial está compuesta por:

- Unos trazos, símbolos o leyendas.
- El material con el que están realizados.
- La parte de la calzada en que están inscriptos.

#### **Colores:**

La Demarcación Horizontal será de color blanco o amarillo según lo establecido en el Catálogo de Demarcación Horizontal y en la Norma de Demarcación Horizontal.

Las marcas viales se interpretan primero por su posición, después por su trazo o inscripción, y por último por su color. La marca vial podrá ser longitudinal o transversal. La primera reglamenta sobre el uso del carril adyacente, la segunda sobre el carril propio.

El ancho y separación de los trazos de las líneas discontinuas, así como el ancho de las líneas continuas, los cebreados, inscripciones, sendas peatonales, sendas para ciclistas, flechas, y toda otra marca vial dentro de un carril, indican un mensaje cuyo significado es el establecido en el Catálogo de Demarcación Horizontal y las Normas de Comportamiento Vial.

El color de la Demarcación será predominantemente blanco. El amarillo se reserva exclusivamente para aquellos eventos en donde el color implique por sí mismo un mensaje específico.

#### **Trabajos:**

Los trabajos de este ítem consisten en la aplicación de una capa de pintura termoplástica, en el ancho y extensión que se indica en las planillas y planos del Proyecto Ejecutivo Definitivo, sobre la superficie del pavimento. Los trabajos se efectuarán en un todo de acuerdo a estas especificaciones, a la Norma de demarcación Horizontal de la Dirección Provincial de Vialidad y a las órdenes dadas por la Gerencia de Obra.

Los trabajos de conservación de la zona demarcada con material termoplástico reflectante consistirán en su mantenimiento en perfectas condiciones durante la duración del contrato.

## **Materiales:**

El material termoplástico se proveerá listo para ser aplicado, debiendo el fabricante indicar la temperatura de aplicación. Cuando deba ser aplicado sobre pavimentos asfálticos envejecidos, la superficie de éstos deberá ser tratada previamente con un imprimador adecuado que asegure la adherencia del material y el adecuado contraste. El imprimador deberá ser provisto por el Contratista conforme a lo aconsejado por el fabricante.

## **Equipo**

- El equipamiento mínimo será el siguiente:
- Equipo para fusión del material por calentamiento indirecto provisto de un agitador y un indicador de temperatura.
- Equipo para limpieza, barrido y soplado del pavimento.
- Equipo para secado.
- Equipo propulsado mecánicamente con sistema de calentamiento indirecto para la aplicación del material termoplástico, provisto de agitador mecánico y sembrador de esferillas de vidrio. Este equipo tendrá indicador de temperatura de la masa termoplástica.
- Elementos de señalización y todos aquellos elementos accesorios sobre los equipos y la calzada necesarios para la ejecución de los trabajos.

## **Ejecución de las Obras**

Replanteo: En el replanteo del señalamiento horizontal se indicará con tiza el principio y el fin de las zonas a demarcar con material termoplástico reflectante.

Plan de trabajos: El Contratista presentará el plan de trabajos y la forma de realizar la obra en base a las instrucciones por escrito que imparta la Gerencia de Obra después del replanteo y de acuerdo a lo indicado en los planos del Proyecto Ejecutivo Definitivo.

Preparación de la superficie: La superficie sobre la cual se efectuará la demarcación, será raspada, cepillada, soplada y secada a efectos de lograr la eliminación de toda materia extraña de la calzada y no se autorizará la colocación de los materiales en aquellas zonas donde la superficie no se encuentre convenientemente preparada.

Riego de liga: Si a juicio de la Gerencia de Obra fuera necesario el Contratista efectuará un sellado previo, en un ancho que será de 0,05m. mayor que el de la demarcación debiendo quedar este excedente repartido por partes iguales a ambos lados de la franja demarcada. el material utilizado deberá suministrar una perfecta adherencia del material termoplástico con el pavimento y cumplir con los términos de garantía en estas especificaciones.

Espesores: La capa de material termoplástico deberá tener un espesor mínimo de 1,5 mm. y el ancho que determine el Manual de Demarcación mencionado.

Distribución de esferas de vidrio: La distribución de las esferillas de vidrio deberá resultar uniforme de modo que la superficie de la franja quede cubierta totalmente. La distribución de las esferas deberá estar regulada de tal manera que se logre una buena adherencia con el material termoplástico.

Tolerancias: La demarcación deberá llevarse a cabo en forma de obtener secciones de ancho uniforme, bordes perfectamente definidos y no presentará ondulaciones visibles por un observador que recorra el tramo en automóvil a una velocidad de 50 Km/ h.

- Se admitirá en las partes rectas una tolerancia de desviación de 3 cm. del eje de la calzada en una longitud de 100 m. pero nunca deberá presentar cambio brusco.
- En lo que respecta al ancho de la demarcación no se admitirá tolerancia alguna en menos del ancho estipulado y en más se admitirá hasta el 2%.

- En lo que respecta a las longitudes por secciones de trazos pintados espacios entre los mismos, se admitirá una tolerancia del 2% en más o en menos.
- Toda sección de demarcación que no cumpla con las tolerancias establecidas, será rechazada debiendo la misma ser nuevamente demarcada.

**Visibilidad nocturna:**

La reflectancia deberá ser superior a 220 mcd/lux.m2, medidos dentro de los quince (15) días posteriores a la aplicación de la demarcación, debiendo mantenerse sobre los 160 mcd/lux.m2 durante el período de conservación. El aparato de medición, que deberá aportar para tal fin el Contratista, será un retroreflectómetro MIROLUX 12 o similar, perfectamente calibrado.

**Visibilidad diurna:**

La reflectancia luminosa aparente, medida mediante un colorímetro portátil dotado de un iluminante DGS y un ángulo de medida de 8°. Las medidas en porcentaje (Y%) de la reflectancia luminosa serán directas, previo tarado del aparato. El aparato deberá ser provisto por el Contratista en el momento que lo requiera la Gerencia de Obra. El valor mínimo dentro de los quince (15) días siguientes a la aplicación de la pintura deberá ser superior al 50%. Este valor no podrá tener un valor inferior al 27% durante todo el período de conservación.

**Resistencia al deslizamiento:**

El coeficiente de resistencia al deslizamiento, medido sobre las marcas viales, en particular las flechas, sendas peatonales, letras o símbolos, mediante el péndulo

DEMARCACION HORIZONTAL													
R. P. N°A-174 TRAMO CIRCUNVALACION-COLONIA TIROLESA											PROYECTO		
PROGRESIVAS		DIST. PARC.	DESCRIPCIÓN						SUPERFICIES A DEMARCAR			PROGR. RUTA	CODIGO TRAMO
Inicial	Final	LONGITUD	BORDES.		EJE			EN FRIO [m²]	EN CALIENTE [m²]	EXTRUSION [m²]			
km	km		lza.	Der.	Eje	Preav. Cont.	Cont. y Discont.				Doble cont.		
		m	M-2.6	M-2.6	M-1.2	M-1.9	M-3.2	M-2.3					
<b>DEMARCACION EJE DE CALZADA</b>													
0,000	2,331	2331,0						C		466,20	0,239		
Av. Circunvalación (fin pavimento Hº)											2,570	01	
2,331											2,570		
Intersección U312 Callejón de Lopez													
2,331	2,496	165,0						C		21,12	2,735	01	
2,496	2,671	175,0						C		12,25	2,911	01	
2,671	3,635	964,0				C				26,99	3,878	01	
3,635	3,810	175,0						C		12,25	4,053	01	
3,810	3,975	165,0						C		21,12	4,219	01	
3,975	4,386	411,0							C	82,20	4,631	01	
4,386	4,551	165,0							C	21,12	4,797	01	
4,551	4,726	175,0						C		12,25	4,972	01	
4,726	4,980	254,0				C				7,11	5,227	01	
4,980	5,155	175,0						C		12,25	5,402	01	
5,155	5,320	165,0						C		21,12	5,568	01	
5,320	6,223	903,0							C	180,60	6,473	01	
6,223	6,388	165,0						C		21,12	6,639	01	
6,388	6,563	175,0						C		12,25	6,814	01	
6,563	6,630	67,0				C				1,88	6,882	01	
6,630	6,805	175,0						C		12,25	7,057	01	
6,805	6,970	165,0						C		21,12	7,223	01	
6,970	8,039	1069,0							C	213,80	8,295	01	
8,039	8,204	165,0							C	21,12	8,460	01	
8,204	8,379	175,0						C		12,25	8,636	01	
8,379	8,544	165,0						C		21,12	8,801	01	
8,544	9,360	816,0							C	163,20	9,620	01	
9,360	9,525	165,0							C	21,12	9,785	01	
9,525	9,700	175,0						C		12,25	9,961	01	

Figura 62: Demarcación Horizontal

RRL o de acuerdo al método de ensayo NTL-175/73, deberá ser superior a 0,45 en todo momento.

En la anterior *Figura 62* se muestra una grafica del detallado de la demarcación Horizontal en el tramo.

### **6.5.2. SEÑALIZACION VERTICAL**

Las señales son carteles fijados en estructuras de sostén, cuyo propósito es transmitir a los conductores de vehículos un mensaje que puede tener por objeto: proporcionar información, advertir un peligro, indicar la existencia de determinadas reglamentaciones, e inculcar preceptos que tiendan a facilitar el tránsito o evitar riesgos.

Las señales verticales, que recurren a los estímulos visuales, constituyen el pilar fundamental del sistema de señalización vial carretero, ya que a través de ellas se logra satisfacer la casi totalidad de las funciones asignadas. Estas además, relacionan el tiempo y el espacio, brindando una información anticipada de los hechos, facilitando una respuesta adecuada al conductor.

#### **Clasificación:**

Las señales según el contenido de su mensaje se clasifican en:

- Señales de Prevención
- Señales de Reglamentación
- Señales Informativas
- Señales de Educación Vial
- Señales Transitorias

#### **Trabajos:**

Los trabajos de señalización vertical consistirán en la provisión de las placas (con sus respectivos elementos de sustentación y anclaje), colocación, y su conservación hasta la finalización del Contrato.

La realización de las señales se ajustará a los tipos de diseños y ubicación indicados en las planillas y planos del Proyecto Ejecutivo Definitivo, a las órdenes que imparta la Gerencia de Obra y al catálogo de Norma antedicho.

Toda señal debe llevar inscrita en su parte posterior y en forma estampada, los siguientes datos:

- Nombre del Titular de la vía.
- Nombre del área responsable de la conservación
- Nombre y Ruta de emplazamiento.
- Tramo y Ruta de emplazamiento.
- Fecha de emplazamiento.
- Ubicación relativa.

En el borde inferior derecho, o borde más saliente, un círculo de color rojo del mismo material reflectante que el utilizado en el frente y con iguales exigencias de calidad, resistencia y vida útil.

#### **Materiales:**

Las señales estarán confeccionadas en placas de chapa de hierro, fijadas abulonadas) sobre parantes, debiendo cumplir éstos y los demás elementos complementarios con las siguientes especificaciones técnicas:

Placas: Las placas podrán estar conformadas por chapas monolíticas, por chapas unidas o por lamas yuxtapuestas. Se emplearán chapa de hierro de 2,11 mm de espesor, y de las dimensiones reglamentarias que corresponde a cada tipo de señal. Los bordes serán despuntados con radios variables que oscilan entre 4 a 6 cm. según dimensiones de las placas, llevarán además orificios o agujeros cuadrados de 11 mm de lado para permitir el paso del cuello cuadrado de los bulones de sujeción.

Las placas de hierro serán sometidas a un tratamiento anticorrosivo, consistente en un galvanizado electrolítico, con un espesor mínimo de cincado de 13 micrones en cada cara.

Postes de madera para fijación de señales laterales: Los postes serán de madera dura (lapacho o urunday) cepillada, libre de curvatura, nudos, rajaduras y otros defectos similares con sus bordes canteados. Las escuadrías a utilizar serán de 3" x 3" (nominales) para señales de tipo poste simple o doble poste. El largo mínimo será de 2,50 m. y el máximo según requerimientos con uno de sus extremos cortado en bisel a 60°. En las señales de tipo doble poste se colocarán en la parte trasera de la placa y uniendo los dos postes sostén, largueros transversales de 3" x 1,5" con el objeto de rigidizar y evitar el pandeo de la chapa.

Material reflectante: El material reflectante a utilizar en la confección de las señales será de los colores correspondientes a cada tipo de señal, y los tonos de los colores corresponderán a los adoptados internacionalmente por los organismos nacionales e internacionales a los cuales el Contratante ha adherido para la señalización vertical establecidos más adelante.

Bulones: Para fijar las chapas de hierro (señales) a los parantes, se emplearán bulones cincados A-38 según Normas IRAM 512, con cabeza redonda o gota de sebo, cuello cuadrado de 9.5 mm. de lado, vástago de 9 mm de diámetro y en largo que será acorde al soporte, y un roscado para tuerca no menor de 3 cm.

Detalles de colocación: Las señales deberán ser ubicadas en los lugares indicados en las planillas y planos del Proyecto Ejecutivo Definitivo, de conformidad con las distancias a borde de calzada y a la altura de borde inferior de la señal indicada en las Normas. El sector bajo tierra de los postes sostén no será inferior a 0,80 m, llevarán en su base una cruceta de hierro de construcción de 16 mm de diámetro, separados 10 cm como mínimo. En cuanto al relleno de la excavación para la colocación de los postes y compactación del suelo, se efectuará en capas sucesivas de no más de 0,15 m, utilizando una mezcla de suelo con 20% de Cemento y 4% de agua.-

Cromaticidad exigida: Se adoptaran los valores establecido para cada Nivel de Lámina, en el Anexo A-2 – Norma de Señales Verticales. Dichos valores corresponden a las coordenadas cromáticas CIE que definen el entorno dentro del cual deben encontrarse cada color.

En la siguiente *Figura 63* se muestra una grafica del detallado de la demarcación Vertical en el tramo.

SEÑALIZACIÓN VERTICAL										
UBICACIÓN			ALTURA BASICA	COD. D.P.V	MENSAJE		DIMENSIONES	SUPERF. (m <sup>2</sup> )	PROG RUTA 0,00 (Av.Circunval.)	CODIGO TRAMO
PROG.	OBSERV.	SENT. CIRC.			IZQUIERDA	DERECHA				
25,100		ASCEND.	Hb=180mm	I-600			2,00 x 0,85	1,70	25,406	05
24,990	En camino der.			R-2			L=0,90	0,67	25,281	05
24,970		ASCEND.	Hb=180mm	I-300			1,70 x 0,45	0,77	25,261	05
24,970	En camino izq.			R-2			L=0,90	0,67	25,261	05
<b>24,966</b> <i>Cruce camino - a izquierda a cementerio</i>									25,257	05
24,950		DESC.	Hb=180mm	I-300			1,70 x 0,45	0,77	25,241	05
24,880		ASCEND.	Hb=180mm	I-600			2,20 x 1,30	2,86	25,171	05
24,716	coincidente con demarcación	ASCEN.	Hb=100mm	R-305 I - 860			2 x D = 0,90 2 x 0,90 x 0,30	1,81	25,007	05
24,640	coincidente con demarcación	DESC.	Hb=100mm	R-305 I - 860			2 x D = 0,90 2 x 0,90 x 0,30	1,81	24,931	05
<b>24,390</b> <i>Vértice curva vertical</i>									24,681	05
24,140	coincidente con demarcación	ASCEN.	Hb=100mm	R-305 I - 860			2 x D = 0,90 2 x 0,90 x 0,30	1,81	24,431	05
23,640	coincidente con demarcación	DESC.	Hb=100mm	R-305 I - 860			2 x D = 0,90 2 x 0,90 x 0,30	1,81	23,931	05
23,475		DESC.		R-301			2 X D = 0,90	1,27	23,766	05

Figura 63: Demarcación Vertical

### 6.5.3. SEÑALAMIENTO DE OBRA EN CONSTRUCCIÓN

Con el propósito de garantizar la seguridad de los usuarios de la ruta, terceros y personal afectado a la obra, el Contratista deberá disponer bajo su exclusiva responsabilidad, el señalamiento adecuado de las zonas en que a raíz de los trabajos realizados o en ejecución, o por causas imputables a la obra, se originen situaciones de riesgo tales como: estrechamiento de calzada, desvíos provisorios, banquetas sueltas o descalzadas, excavaciones o cunetas profundas, desniveles en el pavimento o entre trochas adyacentes, riego con material bituminoso, voladuras, maquinas u obreros trabajando, etc.

Los dispositivos y elementos a emplear y el esquema de ubicación de los mismos en el lugar, deberán responder como mínimo a las características y formas especificadas. En todos los casos el Contratista podrá incorporar dispositivos o elementos de tecnología superior u otros esquemas de señalamiento para aumentar o brindar las condiciones de seguridad que requiera cada caso.

## **7. BIBLIOGRAFIA:**

- Dirección Nacional de Vialidad (1979) - *Pliego de General de Condiciones y Especificaciones Técnicas Generales* - D.N.V.
  
- Dirección Nacional de Vialidad (1998) - *Pliego de Especificaciones Técnicas Generales.* - D.N.V.
  
- Gobierno de la Provincia de Córdoba (2011) – *Llamado a Licitación Pública Internacional N° 01/2011*
  
- AFEMA S.A. (2011) - *Plan General de Autocontrol*
  
- Final Rodríguez Juan Manuel (2012) - *Informe Técnico PS (Estudios y control de calidad de materiales para la ejecución de obras viales)*
  
- Berardo, Baruzzi, Vanoli, Freire, Tartabini, Dapás (2008) *Principios de Diseño Geométrico Vial Tomo I y II*
  
- Cátedra de Transporte III (2013) - *Apuntes de clases Cátedra de Transporte III* - UNC
  
- Dirección Nacional de Vialidad (1979) - *Normas de ensayos de la Dirección Nacional de Vialidad*
  
- IRAM (1992) - *Normas de Ensayo Estandarizadas*