

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN

**CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES DEL
PAVIMENTO FLEXIBLE CON CARPETA DE CONCRETO
ASFÁLTICO, EN EL CAMINO DE ACCESO DEFINITIVO AL
P. H. EL CAJÓN, EN SANTA MARÍA DEL ORO, NAYARIT.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A :
RUBEN CASTRUITA ESPINOSA.

ASESOR: ING. FRANCISCO ANZUREZ ROSAS.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL ATÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN

TRABAJO DE TITULACIÓN
TESIS

TÍTULO:

Control de calidad de los materiales del pavimento flexible con carpeta de concreto asfáltico, en el camino de acceso definitivo al P. H. El Cajón, En Santa María del Oro, Nayarit.

Alumno: Rubén Castruita Espinosa.

No. de Cuenta: 8457181-2.

Carrera: Ingeniería Civil.

Asesor: Ing. Francisco Anzures Rosas.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.
NOMBRE: Rubén Castruita Espinosa

FECHA: 7 - AGOSTO - 2005

FIRMA:

Octubre de 2005.

Dedicatorias

A Dios

A mis Padres

Sr. Rufino Castruita Camacho

Sra. Odilia Espinoza Rodríguez

A mi Familia

Esposa: Esther Ríos Hernández

Hija: Edna Xiomara Castruita Ríos

Hijo: Rubén Castruita Ríos

Hija: Mariana Rosario Castruita Ríos

Hija: Montserrat Castruita Ríos

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.	1
Capítulo 1.	
GENERALIDADES SOBRE EL CONTROL DE CALIDAD.	6
1.1. Antecedentes.	6
1.2. Definición de "control de calidad".	7
1.3. Funciones y alcances del control de calidad.	11
1.4. Su importancia en la construcción de las obras civiles.	12
Capítulo 2.	
EQUIPO Y PRUEBAS DE LABORATORIO.	15
2.1. Requisitos previos de los equipos de laboratorio.	15
2.2. Equipo e instrumentos de medición.	15
2.3. Equipo para las pruebas.	16
2.4. Procedimientos de pruebas de laboratorio.	19
Capítulo 3.	
NORMAS DE CALIDAD.	20
3.1. S. C. T.	21
3.2. A.S.T.M.	26
Capítulo 4.	
MUESTREO Y ENSAYE.	27
4.1. Ubicación de bancos de materiales.	29
4.2. Estudios de calidad.	31
4.3. Control de producción de sub-base y base hidráulica.	31
4.4. Determinación y control del grado de compactación en capas de sub-base y base hidráulicas	34
4.5. Control de riego de impregnación.	38
4.6. Control de riego de liga.	40
4.7. Control de producción, tendido y compactación de la carpeta asfáltica.	41
Capítulo 5.	
REVISIÓN ESTADÍSTICA DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL.	48
5.1. Calidad de sub-base y base hidráulicas.	48
5.2. Compactación de sub-base y base hidráulicas.	50
5.3. Calidad materiales asfálticos.	53
5.4. Calidad de mezcla asfáltica.	57
5.5. Compactación de carpeta asfáltica.	61
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	63
GLOSARIO.	64
BIBLIOGRAFIA.	65
ANEXOS: A-1; A2-1; A2-2; A2-3; A4-1; A5-1	

INTRODUCCIÓN.

El objetivo por el cual se proyectó y se construye la vía terrestre motivo del presente trabajo, es acceder de forma relativamente rápida y segura al lugar de construcción de una presa, que forma parte del conjunto de obras similares en la cuenca del Santiago, en el Estado de Nayarit. Esta obra se construye aguas arriba del "Proyecto Hidroeléctrico Aguamiña" actualmente en operación y a su vez aguas abajo del sitio del proyecto a futuro "Proyecto Hidroeléctrico La Yasca".

El camino de acceso definitivo, denominado así por la Comisión Federal de Electricidad, es parte del conjunto de obras asociadas al Proyecto Hidroeléctrico El Cajón, Nayarit (en lo sucesivo se escribirá P.H. El Cajón), el cual tiene una longitud aproximada de 43 km de trazo nuevo. La construcción del camino se divide en tres Sub-tramos: Sub-tramo 1.- de entronque del camino a Santa María del Oro a Rincón de Calimayo; Sub-tramo 2.- Rincón de Calimayo a El Buruato y Sub-tramo 3.- de El Buruato al P.H. El Cajón.

La ruta o trazó original del camino fue seleccionada por el personal de la Residencia de Construcción I de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), con base en los estudios realizados durante el primer semestre de 1998.

Esta ruta tiene un desarrollo de 42,881 km de camino nuevo, inicia en el entronque del camino que va hacia el poblado Cerro Blanco por la carretera al poblado Santa María del Oro, Nay. Por esta ruta se aprovechan aproximadamente 28 km de la carretera Tepic-Guadaluajara y 8 km del camino pavimentado a Santa María del Oro. Por su trayectoria se puede identificar como: Entronque a Cerro Blanco-Rincón de Calimayo-El Buruato-P.H. El Cajón.

Principales datos del camino.

Tipo	"C"	SCT
Longitud	43	Km
Pendiente gobernadora	8	%
Pendiente máxima	8	%
Excavación	2 077 938	M ³
Terrapienes	939 472	M ³
Sub-resante	107 739	M ³
Sub-base	72 140	M ³
Base	69 204	M ³
Carpeta	34 782	M ³
Acarros	1 522 698	M ³ - km
Puentes	10	
Concretos	20 286	M ³

Como parte integral de este trabajo. Las características generales de la región donde se desarrolla el camino se describen en el párrafo siguiente, así también, los datos de las condiciones geológicas y datos geotécnicos la localización de bancos de material se trata en el capítulo 4.

Características de la Región

Topografía

De acuerdo con la división fisiográfica de Raiz E. (1964), el área se localiza en el límite de la Sierra Madre Occidental y la Meseta Neovolcánica.

Las características de la Sierra Madre Occidental se manifiestan hacia la porción oriental donde están presentes pequeñas sierras formadas principalmente por rocas volcánicas ácidas de la edad Terciaria, que alcanzan elevaciones máximas de 1600 m s.n.m. En esta zona el nivel actual de erosión ha formado valles estrechos limitados por fuertes acantilados, que en conjunto reflejan una etapa de juventud tardía.

La meseta Neovolcánica se expresa hacia la porción occidental y está representada por depósitos proclásticos y derrames de composición basáltica que formaron amplias mesetas, las mayores expresiones orográficas corresponden a los volcanes Sangangüey y Tepetitlic, con elevaciones de 2340 y 2020 m s.n.m. respectivamente.

El estudio y proyecto inicia en el entronque del camino pavimentado que conduce a la población de Santa María del Oro a una elevación de 1100 m s.n.m., donde se aprovecha el camino de terracería que va hacia el poblado de Cerro Blanco, desarrollándose por un lomerío fuerte hasta el km 2+200, donde llega a una planicie que va descendiendo hasta el km 11+200 donde se encuentra el poblado Rincón de Callmayo a la elevación 800, de aquí asciende al puerto que forman los cerros La Mesita y La Cruz, a la elevación 860. A partir de este punto desciende hasta la elevación 600 con dirección al poblado El Buruato por una ladera con pendiente transversal fuerte cortada por varias cañadas que dificultan su desarrollo, los últimos 3 km de este tramo transcurren sobre un lomerío fuerte que se va suavizando hasta cruzar el arroyo El Buruato en el km17+000 a la elevación 520.

Inmediatamente después de haber cruzado el arroyo El Buruato, el camino cambia su trayectoria y continúa hacia el Norte por terreno plano hasta el km. 21+000, donde empieza a girar hacia el Oriente descendiendo hacia el arroyo El Sesteadero que se localiza en el km 23+000 a la elevación 320.

A partir del arroyo El Sesteadero, continúa con una trayectoria sensiblemente paralela al río Santiago, pero en dirección opuesta a su escurrimiento hasta llegar al sitio donde se construirá el P.H. El Cajón. Su desarrollo es sobre un terreno muy accidentado, lo cual se hace más notable al llegar al arroyo Seco localizado en el km30+000 del trazo, a la elevación 325. De este punto asciende a la elevación 720 en el km 39+000, descendiendo nuevamente a la elevación 240 en el km 41+775 donde se localiza el arroyo Cantiles, para llegar finalmente al sitio de construcción del puente sobre río Santiago en el km 42+860.

Hidrología

Desde el punto de vista hidrológico, el principal colector en la zona es el río Santiago, cuyos afluentes más importantes son los arroyos Zapotanito, El Buruato, El Sesteadero, La Palmita y Cantiles, que en general se pueden considerar de régimen intermitente, ya que en época de estiaje su gasto se reduce al mínimo. El sistema de drenaje se ubica en su totalidad en la cuenca del río Santiago el cual escurre sensiblemente perpendicular al curso del propio drenaje.

Clima

De acuerdo con la clasificación de Köppen Geiger, el clima de la región donde se localiza la mayor parte del trazo se identifica como tropical tipo senegalés, con variaciones térmicas y lluvias invernales menores al 5%.

Datos relevantes del clima en la zona del proyecto del camino

Precipitación anual	1000 a 1200 mm.
Temperatura media anual	20 ° C
Temperatura máxima extrema	36 ° C
Temperatura mínima extrema	06 ° C

Geología regional

En el área de estudio la geología está representada por rocas metamórficas precenozoicas e ígneas intrusivas y extrusivas con edades del Oligoceno al Pleistoceno. Se trata de rocas vulcano sedimentarias metamórficas por la intrusión de un tronco granítico, todas ellas cubiertas de manera discordante por una secuencia formada por andesitas y rocas piroclásticas de composición ácida con basaltos intercalados.

Los últimos eventos intrusivos corresponden al emplazamiento de diques andesíticos y diabásicos, considerados del Plioceno y Pleistoceno respectivamente, mientras que los extrusivos están representados por derrames y piroclásticos de composición basáltica del Pleistoceno, que forman parte de la meseta Neovolcánica.

Control de Calidad

La calidad de un bien o servicio se interpreta como lo bueno, que reúne ciertos físicos o químicos, una dimensión, una temperatura, una presión o cualquier otra característica que hace a ese bien o servicio "mejor" dentro de ciertas condiciones del consumidor.

El control mediante establecimiento de métodos y procedimientos, permite monitorear las características o atributos que resultan en buena calidad o producto conforme a las expectativas y/o especificaciones.

El control de calidad bien aplicado consiste en:

Establecer estándares. Parámetro sobre el cual se fijan objetivos.

Medir resultados. Se aplican las unidades de medida acorde a los estándares.

Hacer correcciones. Se tiende a hacer una acción correctiva cuando se detectan fallas.

Retroalimentar el Proceso mediante el cual se ajusta el sistema.

El control de calidad ejecutado en el camino de acceso definitivo al P.H. El Cajón. Permite evaluar las propiedades inherentes a los conceptos de sub-base, base y carpeta asfáltica, que son las capas que integran el pavimento.

El laboratorio de campo es competitivo acorde a las necesidades de muestreo y pruebas de los materiales empleados en la construcción del pavimento, para lo cual se cuenta con el equipo perfectamente identificado, calibrado y relacionado.

Las normas de calidad del proyecto son en términos generales las de la ASTM sin embargo para el caso de la denominada obra asociada "Camino de Acceso Definitivo al P.H. El Cajón" rigen las

especificaciones del capítulo 2 del documento integrado al contrato y este a su vez se basa en gran parte en las normas de la SCT (de 1987).

La parte medular del presente trabajo trata del control mediante la aplicación de procedimientos sencillos que abarcan las pruebas y ensayos de laboratorio para detectar desviaciones en el proceso de construcción o inclusive en los materiales que sirven de insumos para elaborar ciertos productos.

Una vez que se tiene el registro de un cierto universo de datos representativos de las actividades que se están controlando, se procede a revisar mediante métodos estadísticos sencillos que se cumple con los estándares especificados y recomendar las acciones aplicables o bien establecer si así se requiere de un proceso de mejora continua en el sistema de control de calidad.

El control de calidad en la obra camino de acceso definitivo al P.H. El Cajón resultó en un éxito toda vez que se cumple con otro propósito que se conlleva, y que es tener en tiempo y forma los soportes para que la obra ejecutada se pueda estimar o certificar ante el cliente.

Nota importante: La información que se presenta en este trabajo es para ilustrar los procedimientos empleados. Los resultados de pruebas son de periodos escogidos al azar. La información pertenece de momento a la empresa constructora del P.H. El Cajón, sin embargo, el cliente final es la Comisión Federal de Electricidad (CFE por sus siglas), a quien se le entregará finalmente la central hidroeléctrica con todas las obras asociadas funcionando a su entera satisfacción en el año de 2007. Parte de esas obras asociadas es el camino de acceso definitivo, que en su etapa de pavimentación se trata en los capítulos siguientes.

Capítulo 1. GENERALIDADES SOBRE EL CONTROL DE CALIDAD.

1.1 Antecedentes.

Antes de la Revolución Industrial, los productos eran hechos a mano. La calidad la garantizaba el conocimiento del artesano, quien tenía la visión global de todos los procesos que estaban involucrados en el producto final.

La industrialización y el incremento en la producción masiva han llevado a la especialización dentro de las compañías. Cada una de las personas se concentra en su pequeña sección de la empresa y no es posible tener una visión global de esta. Se volvió imposible confiar en el conocimiento y la capacidad del empleado para evitar que los productos defectuosos salieran al mercado. La inspección se hizo necesaria e inicialmente esta era realizada por el jefe o capataz de cada sección. Las actividades de la inspección se incrementaron progresivamente con el desarrollo industrial y fue necesario relevar entonces al capataz de algunas funciones en las que estaba involucrado. Más tarde se desarrolló un nuevo grupo de trabajo, llamado inspectores, al inicio de la primera guerra mundial. Posteriormente se separa este grupo en una unidad organizacional independiente: el departamento de inspección que tuvo su inicio en los años veinte.

Durante la segunda guerra mundial se incrementó la producción masiva, pero al mismo tiempo el acceso a la fuerza de trabajo disminuyó. Para poder sobrellevar esto, fue necesario que el trabajo de inspección fuera más eficiente. Entonces se encontró que el control estadístico de la calidad era un medio efectivo para este propósito. En particular las autoridades militares en Estados Unidos se interesaron por este tipo de procedimiento e instruyeron con los métodos estadísticos a los proveedores de materiales de guerra. Posteriormente estos métodos alcanzaron una amplia distribución y al mismo tiempo se fueron desarrollando consecutivamente.

La complejidad de los productos se incrementó y por lo tanto, el riesgo de defectos en las funciones de los productos. Hubo entonces un incipiente interés en la fiabilidad de los productos, y durante los años cincuenta se inició el desarrollo de los métodos especiales para incrementar la fiabilidad. En un principio el interés se concentró en los productos electrónicos con fines militares y programas especiales. La técnica de la fiabilidad se utiliza principalmente en el desarrollo del producto y el trabajo de diseño.

Durante los años sesenta se empezó a hablar acerca del control total de calidad. Para poder fabricar productos con alta calidad y a costos razonables, se encontró que concentrarse en funciones aisladas no era suficiente, si no que requería de actividades planeadas de calidad que

cubrieran todas las funciones. Por lo que a esta manera de trabajar de cruce funcional se le denominó control total de la calidad.

Al final de los años sesenta surgió un nuevo concepto que se hizo notar, llamado aseguramiento de la calidad. Durante los años setenta surgieron preguntas concernientes a la seguridad de los productos y a los daños que estos producían, por lo que se puso atención a estos aspectos relevantes. Esto fue el resultado del rápido desarrollo de la responsabilidad legal de los fabricantes, distribuidores, vendedores, etc., de pagar una compensación cuando los bienes ocasionan perjuicios a las personas o daños a la propiedad, las altas compensaciones que se aplican a los fabricantes han llevado a que los principios de control de calidad sean aplicados en mayor extensión. Se ha encontrado que el control de calidad es un medio efectivo en el trabajo para la manufactura de productos sin riesgos.

En los últimos años los ejecutivos y los altos directivos de las empresas empezaron a mostrar interés por la calidad de los productos. La razón de este creciente interés fue que se hizo obvio para muchos de ellos que la calidad significaba mucho para el futuro de las compañías. El reconocimiento de esto se obtuvo a través del incremento en la competitividad y a las altas exigencias de calidad por el cliente.

1.2. Definición de "control de calidad"

Definición de "calidad". La calidad de un producto o servicio es el conjunto de cualidades, características y/o atributos que tiene la habilidad de satisfacer en primera instancia las necesidades del cliente, así como también, las necesidades del consumidor final.

Hablando de calidad podemos resaltar sus características, estas pueden ser: Un requisito físico o químico, una dimensión, una temperatura, una presión o cualquier otro requerimiento que se use para establecer la naturaleza de un producto o servicio. La calidad no tiene un significado popular de lo mejor en el sentido absoluto, industrialmente quiere decir, mejor dentro de ciertas condiciones del consumidor, ya que es él, quien en última instancia determina la clase y la calidad del producto que desea.

Teniendo en cuenta lo anterior la calidad de un producto puede definirse como:

"La resultante de una combinación de características de ingeniería y construcción, determinante del grado de satisfacción que el producto proporcione al consumidor, durante su uso".

Esta definición nos lleva a pensar en términos como confiable, servicial y durable, términos que en realidad son características individuales y que en conjunto constituyen la calidad del producto. Al establecer lo que entendemos por calidad se exige un equilibrio entre estas características.

El término *calidad* se puede emplear con diferentes acepciones como:

- Calidad de diseño o sea la conformidad entre lo que necesita o desea el cliente por un precio determinado y lo que la función de diseño proyecta.
- Calidad de concordancia o grado de conformidad entre lo diseñado y lo producido.
- Calidad en el uso o sea el grado en que el producto cumple con la función para la cual fue diseñado, cuando el consumidor así lo requiere.
- Calidad en el servicio Post - Venta o sea el grado con el cual la empresa le presta atención al mantenimiento, servicio, reclamos, garantías u orientación en el uso.

En general, las definiciones de calidad implican respuestas al consumidor por lo que pago y actúan de diferente manera e intensidad según el tipo de producto que se produce.

Definición de "control". Control se refiere al establecimiento de métodos y procedimientos específicos, así como, a la implantación de las actividades necesarias para lograr los objetivos y garantizar que durante el proceso de producción no existan desviaciones que causen un rechazo, el cual que se traduce en pérdidas cuando no se aplican acciones correctivas. En resumen el control es: planear, ejecutar y tomar acciones preventivas o correctivas al presentarse algún fenómeno desfavorable para conseguir los objetivos.

Etapas de control

- a) .- Establecimiento de estándares.
- b) .- Medición de resultados.
- c) .- Corrección.
- d) . Retroalimentación.

a).- Establecimiento de estándares

Un estándar es una unidad de medida que sirve como modelo ó patrón sobre el cual se efectúa el control. Los estándares son el parámetro sobre el que fijamos los objetivos de la empresa. Los estándares no deben limitarse a establecer niveles operativos de los trabajadores, sino que, además, deben abarcar las funciones básicas y áreas clave de resultados:

Rendimiento de beneficios.- Es la utilidad que obtenemos de comparar ésta con la inversión de capital necesaria para llevar a cabo el proceso productivo.

Posición en el mercado.- Estándares que se utilizan para determinar la aceptación de algún producto lanzado al mercado, en base al proceso de comercialización para tal efecto.

Productividad.- Se aplica tanto en el área de producción como en todas las áreas que conforman la empresa, se obtiene en base al estándar horas-máquina, horas-hombre.

Calidad del producto.- Se establece para verificar la superioridad referente a la calidad de nuestro producto en comparación con la competencia.

Desarrollo del personal.- Estándar enfocado al elemento humano, concierne a su desenvolvimiento en la empresa, en base a los programas de desarrollo.

Evaluación de la actuación.- Determina los límites de productividad del elemento humano en la empresa.

Tipos de estándares:

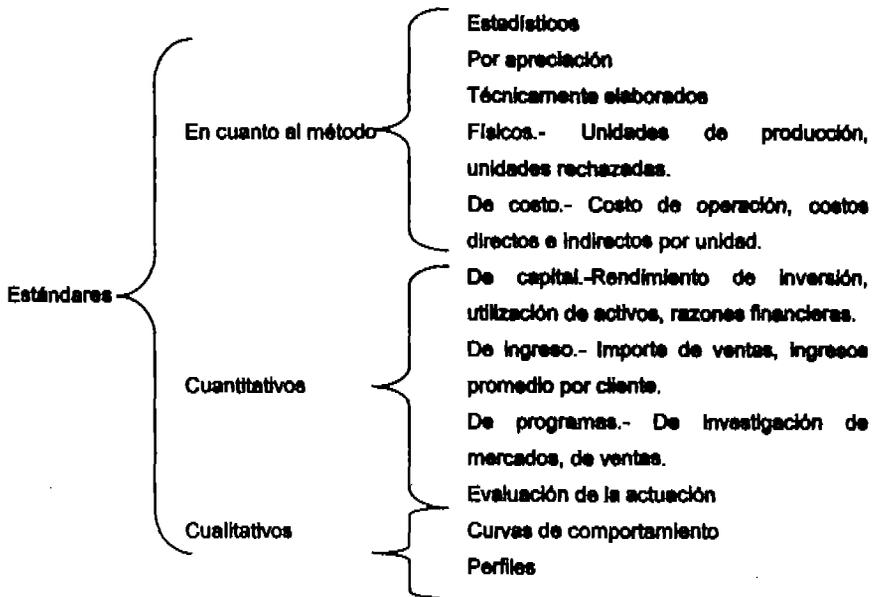
La aplicación de los estándares que a continuación se analizan, van en función de las necesidades específicas del área donde se implementen.

Estándares estadísticos.- Para su elaboración se requiere de información de hechos históricos, ya sea de la propia empresa o de la competencia. No inspiran mucha confiabilidad debido a que la información pasada ha variado en gran escala en comparación con la actual, por lo que, al obtener la información ésta debe ser conjuntada con el criterio del ejecutivo.

Estándares fijados por apreciación.- Se derivan principalmente en base a las experiencias del administrador. Se concreta a situaciones intangibles, tales como la conducta del personal.

Estándares técnicamente elaborados.- Por el contrario de los anteriormente señalados, éstos se concentran en el estudio tangible ó cuantitativo, y están encaminados a desarrollar el análisis sobre la productividad tanto del equipo, maquinaria como de los trabajadores. Son los estándares de producción y de tiempos y movimientos.

Clasificación de los estándares más usuales



b).- Medición de resultados.

Como su nombre lo indica, en ésta etapa se van a medir los resultados contra lo ejecutado, aplicando las unidades de medida, las cuales, deben ser definidas acorde a los estándares. Para llevar a cabo lo anterior, es necesario apoyarnos de los sistemas de información de la empresa, y para que el proceso de control resulte efectivo la información que obtengamos debe ser totalmente confiable, oportuna, y que fluya por los canales idóneos de la comunicación.

Al realizar la medición y obtención de la información arriba señalada, es conveniente comparar los resultados medidos con los estándares previamente fijados, obteniendo así las posibles desviaciones, mismas que deben reportarse inmediatamente. Las unidades de medida normalmente aplicables son: tiempo por pieza producida, porcentaje de material rechazado, horas-máquina utilizada.

c).- Corrección.

Los controles tienden a conducir a la acción correctiva, cuando detectamos fallas, debemos verificar donde está el mal, cómo sucedió, quien es el responsable y así tomar las medidas de corrección pertinentes.

Cuando en la medición de resultados encontramos desviaciones en relación con los estándares, es conveniente hacer el ajuste ó corrección correspondiente. Normalmente las tendencias correctivas

a los controles las asume el ejecutivo de la empresa, sin embargo, antes de llevar a cabo el proceso conviene conocer si la desviación es un síntoma ó una causa. Podemos ejemplificar lo anterior cuando un producto en el mercado disminuye su venta, lo cual, es un indicio de que algo se ha ejecutado mal en base a lo planeado, la primer actitud para contrarrestar la poca demanda del producto no es precisamente elevar el número vendedores o someterlos a capacitación, sino analizar detalladamente si esa baja no se debe a mala calidad del producto o si el proceso de comercialización ha sido muy requitico.

Cuando se lleva el establecimiento de medidas correctivas, se origina la retroalimentación, de acuerdo a lo anterior, es en éste proceso donde se entrelaza la planeación y el control.

d).- Retroalimentación

Es el proceso mediante el cual, la información que se obtiene en el control se ajusta al sistema administrativo con el paso del tiempo. Dependerá mucho de la calidad de la información que se obtenga para que la retroalimentación fluya de manera rápida.

Para el presente trabajo, se considera que el control de calidad se ejerce durante la construcción de un camino con pavimento flexible, por lo cual, se toma como válida la siguiente:

Definición: El Control de Calidad, durante la construcción de las obras, es el conjunto de actividades que permiten evaluar las propiedades inherentes a un concepto de obra y sus acabados, así como a los materiales y equipos de instalación permanente que se utilizan en su ejecución, comparándoles con las especificadas en el proyecto, para decidir la aceptación, rechazo o corrección del concepto y determinar oportunamente si el proceso de producción o el procedimiento de construcción se está realizando correctamente o debe ser corregido. Dichas actividades comprenden principalmente el muestreo, las pruebas de campo y laboratorio, así como los análisis estadísticos de sus resultados.

1.3. Funciones y alcances del control de calidad.

La función principal del control de calidad es garantizar que los insumos y productos terminados cumplan con el proceso constructivo, con las especificaciones y normas del proyecto. Por lo que se debe caracterizar por ser eficiente, confiable, oportuno, accesible, dinámico y sistemático. Es decir útil para el buen desarrollo de la obra de tal manera que no la encarezca ni la retrase..

Esta función es muy importante, por lo cual se requiere de la participación de elementos del propio personal de control de calidad, de la supervisión y de personal de producción o construcción,

reuniéndose periódicamente para solucionar los posibles problemas de obra, tal y como vayan surgiendo.

Es importante mencionar que el área de control de calidad es el vínculo entre la fase de construcción y la de estimaciones o certificaciones de obra ejecutada. Es decir, el cliente normalmente considera como válidos los números generadores cuando se anexan las evidencias que avalan los muestreos y ensayos por parte del laboratorio conforme a los procedimientos.

La elaboración de gráficas de control o larguillos anexos a los análisis estadísticos, son parte de las funciones que debe ejecutar el área de control de calidad

Dentro de los alcances podemos decir que el control de calidad juega un papel muy importante durante la ejecución de la obra, puesto que, el personal con el que se cuenta para la verificación de los insumos y procesos constructivos, esta capacitado para tales cargos. Una vez que el laboratorio de control de calidad emite un resultado en base a procedimientos de muestreo y ensayo, la residencia de la obra tiene elementos de juicio para la toma de decisiones en cuanto a: cambio de proceso constructivo, de insumos, de proyecto o bien impulsando el programa ganando con esto en tiempo, calidad de obra y economía, al existir certidumbre en las decisiones.

1.4. Su importancia en la construcción en las obras civiles

Un conjunto de especificaciones, no es más que el resultado del trabajo en equipo de unos cuantos hombres señalados por sus conocimientos y experiencia. Es lógico pensar que este grupo humano realice un excelente trabajo, produciendo normas razonables y ajustadas a la impresión del momento. Pero sin duda esta en la mente de cada uno de ellos la idea de que su recomendación final ha de aplicarse a una obra cuyas características y circunstancias reales son desconocidas por el grupo. Esta idea ha de forzarlo a ser prudente, por lo que no es raro que la obediencia ciega de normas técnicas preestablecidas a nivel internacional o nacional conduzca a trabajos conservadores y no óptimos, desde el punto de vista economía. El ingeniero que juzga pecaminoso apartarse una mínima parte de las normas y especificaciones de su institución, esta reconociendo implícitamente que un grupo de hombres distinguidos, reunidos años atrás, es capaz de dar criterios de mayor validez a su propia obra, a la que se enfrenta hoy, y de lo que es capaz de hacer el actual grupo de trabajo con quien comparte responsabilidades.

Es claro que cualquier institución puede manejar las aparentes contradicciones anteriores de un modo lógico. Las especificaciones institucionales deben manejarse, en primer lugar, como el marco legal de la actividad técnica y en segundo, como la referencia última de la propia actividad técnica, válida en tanto no se le señalen limitaciones, variaciones o ajustes de detalle. Para todo esto último, cada proyecto importante deberá contener sus propias especificaciones complementarias, nacidas de sus propias características específicas; no debe tener miedo en producir unas especificaciones complementarias audaces, novedosas y ajustadas a los últimos datos de la experiencia y el conocimiento de la institución de que se trate.

Un conjunto de especificaciones técnicas, rector último de cualquier programa de control de calidad, debe ser competente, en el sentido de garantizar las normas esenciales de la calidad de la obra; debe ser también ajustado a las necesidades sociales y económicas de la nación que lo utiliza y también a sus características topográficas, climáticas, de tránsito, etc. En este sentido, la transcripción ciega de normas producidas por instituciones de otros países, por avanzadas que parezcan en el campo estrictamente tecnológico, suele conducir sistemáticamente a políticas inadecuadas. Las especificaciones deben ser muy realistas, ajustadas a lo que debe lograrse dadas las características de un proyecto determinado y a lo que puede lograrse, dado el nivel tecnológico (personal obrero especializado, laboratorios de obra, equipo de construcción, etc.) del país que vaya a usarlas.

También deben ser capaces de garantizar que los materiales de calidad aceptable no sean rechazados. Este es uno de los aspectos importantes que hacen que al seguir en muchos países las normas producidas por otros, conduzca a errores de política. Es común, que las naciones cuyas especificaciones institucionales se transcriben en países en desarrollo, sean no sólo avanzadas en el terreno técnico, sino también en el económico; como consecuencia, sus caminos, ferrocarriles y aeropuertos, trabajan con volúmenes excepcionales o desconocidos en el país que adopta las normas. Esto conduce a que se rechacen muchas técnicas, procedimientos y materiales de uso económico, que sus vías con niveles de tránsito muy inferiores, podrían utilizar perfectamente. Lo que en realidad va a suceder, es que el país menos desarrollado económicamente va a descubrir, lo inapropiado para su propio consumo de las normas que está siguiendo, lo cual conducirá a violarlas sistemáticamente, generándose la consiguiente confusión. En consecuencia, éste será el precio que se pague por el uso de especificaciones no realistas.

Otra condición básica de un conjunto de especificaciones, es contener tolerancias apropiadas, que dependen de un conocimiento completo de los factores que contribuyen a las variaciones de los diferentes conceptos. Debe existir una valuación de las consecuencias de no exceder tales tolerancias. Puede ayudar el establecer una clasificación de los criterios que pueden resultar de las

desviaciones y defectos que puedan presentarse, una clasificación de tales conceptos podría ser, por ejemplo, la que se menciona a continuación:

- Crítico.- El defecto que puede hacer al concepto muy peligroso, de no corregirse.
- Importante.- El defecto que puede afectar al comportamiento en forma seria.
- Poco importante.- El defecto que puede afectar al comportamiento en forma poco seria.
- De contrato.- La transgresión del contrato que no tendrá consecuencias de importancia.

En el caso de productos que son mezcla de otros, las especificaciones deben permitir reconocer con facilidad cual es el componente responsable de las principales características que puede exhibir la muestra,

Otro aspecto importante en todo programa de control de calidad lo constituye el conjunto de pruebas de laboratorio, que proporciona lo que pudiera considerarse la base metodológica y técnica del programa. Las pruebas de laboratorio con fines de control deben cumplir algunas características, fáciles de comprender:

- Estar dirigidas a la comprobación de las características esenciales.
- Ser sencillas y rigurosamente estandarizadas.
- Ser rápidas en su realización.
- Ser de fácil interpretación.
- Requerir equipos económicos, fáciles de corregir y calibrar y de manejo simple.

Sólo así se podrán tener resultados confiables en los laboratorios de pie de obra, que son los que han de realizar el control, sin interferir o frenar los programas de construcción.

Capítulo 2. EQUIPO Y PRUEBAS DE LABORATORIO.

2.1. Requisitos previos de los equipos de laboratorio.

Es requisito contractual que el laboratorio de campo trabaje bajo los lineamientos de la Entidad de Mexicana de Acreditación (E.M.A.). Por lo cual los equipos e instrumentos de laboratorio que se utilizan para ensayo y medición deben estar debidamente calibrados por un laboratorio de metrología que cuente con equipos con trazabilidad a patrones reconocidos.

La calibración de los equipos en el laboratorio de obra, se logra mediante la acción del conjunto de operaciones que bajo condiciones específicas, establecen la relación entre los valores indicados por un instrumento o sistema de medición y los valores correspondientes de un patrón de referencia. La calibración de cada equipo que así lo requiera debe estar manifiesta mediante la evidencia documental. Así también, se tiene en el laboratorio de obra una bitácora de equipos e instrumentos de laboratorio. La bitácora contendrá: nombre del equipo, fecha de adquisición, identificación, proveedor o fabricante, capacidad, estado físico y fechas de calibración y/o verificación entre otros (Bitácora en anexo A 1).

2.2. Equipo e instrumentos de medición.

Los equipos o instrumentos de medición operados en forma manual (ejemplo: un termómetro), o instalados en algún equipo (ejemplo: micrómetro en anillo de carga de prensa Marshall), deben mantenerse en condiciones aceptables de operación. Mediante la verificación periódica se pueden detectar desviaciones en las mediciones y así, hacer los ajustes a que haya lugar o reemplazar el equipo o instrumento en cuestión. La tabla No. 2.1 Muestra una lista de equipos e instrumentos de medición.

Tabla No. 2.1. Lista de equipos e instrumentos de medición más comunes.

Nombre	Pruebas en que interviene
Termómetros	Temperatura de asfaltos, agua y agregados en pruebas Marshall, control de mezclas asfálticas
Micrómetros	Prueba de VRS y prueba Marshall
Manómetros	Prueba de compactación Porter.
Balanzas	Peso de muestras en pruebas varias
Probetas	Medición de agua en pruebas de compactación
Recipientes Volumétricos	Determinación de Pesos específicos
Calibrador con Vernier	Prueba de contracción lineal y % de expansión
Cinta métrica	Profundidad de sondeos o calas en campo.

Nota: Esta lista se integra al conjunto de equipos para pruebas del laboratorio de campo.

2.3. Equipo para las pruebas.

Los equipos de prueba son fabricados especialmente para las pruebas que se requieren en cada etapa constructiva. O bien, de acuerdo a los parámetros que se desea monitorear. A continuación se listan los principales equipos para las pruebas en capas de sub-base, base hidráulica y carpeta asfáltica, tabla 2.2, así como para las principales pruebas a los materiales pétreos usados como insumos de un producto final, tabla 2.3.

Tabla No. 2.2. Lista de equipo para pruebas de laboratorio de campo.

No.	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO
1	Balanza 310 g mínimo/aprox. de 0.01 g
2	Balanza eléctrica de 10,000 ± 0.10 g
3	Balanza 2010 g mínimo/aprox. de 0.1 g
4	Balanza mecánica capacidad de 120 kg ± 100g
5	Termómetro 100 °C ± 0.5°C
6	Termómetro 250°C, ± 1°C
7	Termómetro 300°C ± 2°C
8	Termómetro bimetalico a 50 °C/ 0.5°C
9	Termómetro bimetalico de 0 a 250 °C ± 2°C
10	Jgo. criba 20 cm Ø: #4, 10, 20, 40, 60, 100, Charola y Tapa
11	Jgo. criba 20 cm Ø: No. 20 y 30, CH y T
12	Criba de 20 cm Ø: No. 200 plavado
13	Mazo de madera de 1 kg
14	Jgo. Probeta vidrio de 1000, 500, 100 y 50 mL
15	Cápsulas de aluminio
16	Cápsula de porcelana
17	Copa Casagrande c/ranuradores
18	Vidrios de reloj
19	Horno eléctrico de convección forzada
20	Jgo. criba 50 cm Ø: 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 4, Charola y Tapa
21	Vernier de 300 ± 0.01 mm
22	Molde para contracción lineal
23	Agitadores de mallas/granulometría-arena
24	Caretilla y pala
25	Jgo. de pala, ploo, lona, escobeta.
26	Estufa de gas de 2 quemadores, c/2 tanques
27	Charola de 40x80 cm
28	Charola redonda de 30 cm de Ø
29	Charolas de 40 x 40 cm
30	Recipiente para PV de 14 L
31	Recipiente para PV de 2.8 L
32	Recipiente PV de 10 L
33	Recipiente para PV de 5 L
34	Jgo. probetas de 1000, 100 y 50 mL
35	Equipo para equivalente de arena

Tabla No. 2.2. Lista de equipo para pruebas de laboratorio de campo (continuación).

No.	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO
36	Espátulas flexible y de hoja
37	Juego de placas de 8 kg
38	Presna Porter-VRS 80/8.6 t (3 manómetros)
39	Molde Porter-VRS
40	Triple
41	Coladera
42	Equipo de impurezas orgánicas
43	Canasta para peso sumergido
44	Juego recipientes/sumergido muestras Sanidad
45	Criba 20 cm Ø: No. 6, 8/16", 8/8", 11/4", sanidad
46	Equipo partículas lijadas/alargadas BCT
47	Regla metálica de 300 mm graduada
48	Regla metálica enrazadora
49	Rotator eléctrico
50	Viscosímetro Saybolt-Furol
51	Penetrómetro p/asfalto
52	Equipo desprendimiento por fricción (afinidad pétreo-asfalto)
53	Equipo para punto de fusión
54	Equipo para punto de reblandecimiento
55	Recipiente para índice de durabilidad
56	Planómetro de lámina
57	Planta de luz portátil
58	Presna Marshall, mordazas y micrómetro
59	Broca de diamante con adaptador de 3 1/4"
60	Extensómetro carrera de 1"/aprox. 0.01 mm
61	Aro y cono para permeabilidades
62	Equipo p/Compactación pastillas (3 moldes, collarín, base, guía, piñón, sujetador)
63	Extractora de corazonas
64	Cono y placa p/compactación "in situ"

Estos son los principales equipos de laboratorio empleado a pie de obra para llevar a cabo las pruebas que sirven para monitorear y controlar la calidad de cada etapa constructiva.

Tabla No. 2.3. Lista de pruebas de laboratorio de obra y personal que las ejecuta.

PRUEBA DE LABORATORIO	LABORATORISTA		JEFE DE LABORATORIO	COÓRDINADOR DE LABORATORIO
	AUXILIAR	NIVEL "A"		
Muestreo de materiales petreos/bancos	X	X	X	X
Diseño mezcla para mejoramiento de granulometría		X	X	X
Granulometría de gruesos y por lavado	X	X	X	X
Clasificación SUCS		X	X	X
Límites de Plasticidad y contracción Lineal		X	X	X
Gravedad específica y absorción		X	X	X
Equivalente de arena		X	X	X
Forma de la partícula y/o trituración		X	X	X
Valor cementante		X	X	X
Valor relativo de soporte y expansión		X	X	X
Compactación en campo y humedad	X	X	X	X
Peso Vol. Máx. Porter/Proctor(variantes)		X	X	X
Índice de durabilidad		X	X	X
Sanidad ó intemperismo acelerado		X	X	X
Pesos volumétricos suelto y compacto	X	X	X	X
Afinidad Agregado-Asfalto		X	X	X
Diseño de Mezcla Asfáltica		X	X	X
Elaboración de probetas mezcla asfáltica	X	X	X	X
Vacíos, estabilidad, flujo y PVM, Marshall		X	X	X
Permeabilidad de carpeta mezcla asfáltica	X	X	X	X
Granulometría y contenido de asfalto		X	X	X
Peso Volumétrico mezcla suelta asfáltica		X	X	X
Viscosidad-Temperatura Asfaltos (Saybolt-Furol)		X	X	X
Penetración Asfaltos		X	X	X
Punto de Ignición Asfaltos		X	X	X
Compactación mezcla asfáltica	X	X	X	X
Control tendidos de mezclas asfálticas	X	X	X	X

2.4. Procedimientos de pruebas de laboratorio.

Las muestras obtenidas en los diferentes frentes y etapas de trabajo se apegarán a los métodos de prueba normalizados y/o a los procedimientos adoptados para el proyecto.

Los procedimientos principales para llevar a cabo el control de calidad de la pavimentación del camino de acceso definitivo al P.H. El Cajón se apuntan en la tabla 2.4.

Tabla No. 2.4. Lista de procedimientos de control de calidad.

CLAVE DE PROCEDIMIENTO EN EL SISTEMA DE GESTIÓN (CIISA-CFE) *	DESCRIPCIÓN (NOMBRE DEL PROCEDIMIENTO)
SP-DP-LAB-PRO-0005 r01	Muestreo de Agregados en Banco
SP-DP-LAB-PRO-0016 r01	Pruebas en Terracerías, Subbases y Bases para Pavimentos
SP-DP-LAB-PRO-0017 r01	Procedimiento para Pruebas en Mezclas Marshall para Pavimentos

* La clave y descripción corresponden a los procedimientos tramitados por el sistema de gestión de la empresa constructora CIISA y autorizados por la CFE.

Estos procedimientos se muestran en los anexos A 2-1, A 2-2 y A 2-3. La parte medular de estos procedimientos es establecer una metodología, que de forma sistemática nos lleve a tener resultados confiables de acuerdo a la intensidad de muestreo especificada. Con estos resultados se puede en un momento dado corregir o mejorar algún procedimiento de control de calidad, si llegará a darse alguna desviación que así lo amerite. En resumen en estos procedimientos se considera desde el muestreo de los materiales para sub-base, base hidráulica y carpeta asfáltica, así también, las características de calidad de cada capa ya constituida. Esto es: Para la formación de la capa de sub-base como para la base hidráulica se muestrean los materiales de bancos y de acuerdo con los resultados de laboratorio en cuanto a sus características físicas, se procede a diseñar y reproducir dicha mezcla a nivel industrial, para revisar los parámetros de control especificados y corroborar si se cumple con las especificaciones de proyecto.

Los materiales para riegos de impregnación y liga también se muestrean y se ensayan para tener datos y conocer la calidad del ó de los productos empleados.

Para la capa de carpeta asfáltica, se procede a muestrear los materiales pétreos y asfálticos con los que se construirá esta capa. Se diseña y reproduce la mezcla una vez que se revisa la calidad de los materiales pétreos y asfálticos. A la mezcla resultante, se somete a una serie de pruebas para demostrar que se cumple con los parámetros especificados en el proyecto.

Capítulo 3. NORMAS DE CALIDAD.

Respecto a las especificaciones que rigen el proyecto, a continuación se transcribe lo referente a las especificaciones particulares y complementarias que consigna el documento LICAJ2900 RG1EEC35 de Las Especificaciones de Construcción de Obra Civil del P.H. El Cajón, Nayarit, Capítulo 2 Camino de Acceso Definitivo.

.....2.1.1 Referencias

Las especificaciones particulares y complementarias se basan en las Normas para Construcción en Instalaciones y Normas de Calidad de los Materiales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT*); Por tal motivo, las referencias corresponden a los libros, partes, títulos, capítulos, cláusulas e incisos de dichas normas.

Tales normas se encuentran en:

Libro	Parte	Título	Nomenclatura	Actividades
3	01	03	(3-01.03)	Pavimentos
4	01	01, 02, 03, 04	(4-01.01, 02, 03, 04)	Normas de Calidad de los Materiales
6	01	03	(6-01.03)	Normas para muestreo y pruebas de materiales, equipos y sistemas. Pavimentos I
6	01	03	(6-01.03)	Normas para muestreo y pruebas de materiales, equipos y sistemas. Pavimentos II

Nota: Se apuntan sólo las normas que se refieren al pavimento.

* Las normas SCT que establecen el proyecto y construcción son las correspondientes al año de 1967.

2.1.2 Materiales

Los materiales que se utilizan en la construcción de los caminos deben cumplir con lo que corresponde aplicar de las normas de la SCT (libros 3 y 4). Las especificaciones que sobre materiales fije el proyecto y las presentes especificaciones prevalecen sobre las normas editadas por la SCT.

Los materiales que se utilizan para la ejecución de las obras deben ser verificados oportunamente mediante la obtención de muestras y sometidos a las pruebas de laboratorio que se requieran, de acuerdo con lo indicado en las normas de calidad de los materiales, en las especificaciones y lo que señale el proyecto.

El muestreo y las pruebas de los materiales que se utilizan en la ejecución de las obras a que se refieren estas especificaciones, se deben efectuar de acuerdo a lo que corresponda de los libros 3 y 6 de la SCT. Las especificaciones que sobre materiales fije el proyecto son las que prevalecen sobre lo indicado en las normas SCT para muestreo y prueba de materiales, equipos y sistemas.....

El muestreo y las pruebas de los materiales que se utilizan en la ejecución de las obras del camino de acceso definitivo se ejecutan de acuerdo a lo indicado en los párrafos citados y en el presente capítulo se tratan sólo las normas de calidad que deben cumplir los materiales para las diferentes capas que integran el pavimento.

3.1. NORMAS S. C. T.

Para este sub capítulo se consideran las pruebas de las normas de calidad de los materiales para carreteras y aeropistas de la S.C.T. Sólo que los valores especificados corresponden a las especificaciones de construcción de obra civil del P. H. El Cajón, Nay. Capítulo 2.

3.1.1. Materiales para sub-base.

Definición de sub-base.- Capa de materiales pétreos seleccionados que se construye sobre la capa de subrasante, cuyas funciones principales son proporcionar un apoyo uniforme a la base de una carpeta asfáltica, soportar las cargas que éstas le transmiten aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos adecuadamente a la capa inmediata inferior, y prevenir la migración de finos hacia las capas superiores.

3.1.1.1.- Normas de calidad para la sub-base. La especificación de calidad para la capa de sub-base establece que el Valor Relativo de Soporte estándar (VRS) sea de al menos 62% contra un 30% solicitado en las normas de calidad de la SCT. Otro parámetro que llama la atención es el valor de equivalente de arena que se especifica 30% como mínimo, contra un 20 % mínimo tentativo en las normas de calidad de la SCT. Los valores especificados en el proyecto se apuntan en la tabla No. 3.1.

Tabla No. 3.1. Especificaciones para la capa de sub-base.

Concepto	Valor especificado	Observaciones
Espesor	15.0 cm	
Tamaño de material	2" a finos	Material triturado mezclado con material de subrasante.
V.R.S.	62%, mínimo	
Grado de compactación	95% de su P.V.S.M., mínimo	Según prueba AASHTO estándar
Granulometría	De acuerdo a límites en tabla No 3.2.	De acuerdo al procedimiento de prueba.
Límite líquido	30%, máximo	
Contracción Lineal	4.5%, máximo	
Equivalente de arena	30%, mínimo	
Densidad	2.3, mínimo	

Nota: El límite líquido y la contracción lineal se definen en el glosario.

En cuanto a la granulometría que debe cumplirse también se tiene que los límites especificados en las normas de calidad de la SCT, no aplican para la sub-base de este proyecto y en lugar de las

tres zonas clásicas donde podía localizarse la composición granulométrica, se tiene, sólo una banda que tiene una tendencia o semejanza a la zona 1 de las normas de la SCT. La tabla No. 3.2 muestra los límites de la banda granulométrica para la curva de diseño.

Tabla No. 3.2. Banda granulométrica para sub-base y base hidráulica

Denominación de la malla	Porcentaje que pasa	
	Límite inferior	Límite superior
2"	100	100
1 ½"	70	100
¾"	52	85
3/8"	40	65
No. 4	30	50
No. 10	20	38
No. 20	15	25
No. 40	10	20
No. 60	8	18
No. 100	7	13
No. 200	5	10

Con base a lo especificado para los materiales que conforman la capa de sub-base del camino, se puede inferir que el material adecuado tendrá que ser grava-arena limpia con finos inertes (GP-GM ó GP-SM según clasificación del S.U.C.S.). La zona granulométrica se presenta en los formatos del anexo A 2-2 del procedimiento para pruebas en terracerías, sub-bases y bases para pavimentos.

3.1.2.- Materiales para base hidráulica.

Definición de base hidráulica.- Capa de materiales pétreos seleccionados que se construye generalmente sobre la sub-base, cuyas funciones principales son proporcionar un apoyo uniforme a la carpeta asfáltica, soportar las cargas que ésta le transmite, aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos adecuadamente a la capa inmediata inferior, proporcionar a la estructura del pavimento la rigidez necesaria para evitar deformaciones excesivas, drenar el agua que se pueda infiltrar e impedir el ascenso capilar del agua subterránea.

3.1.2.1.- Normas de calidad para la base hidráulica. Las especificaciones particulares de la capa de base hidráulica, establecen que el grado de compactación de proyecto es de 97% respecto a su peso volumétrico seco máximo según prueba AASHTO estándar, el V.R.S. mínimo de 102% y su granulometría de acuerdo a los límites de la tabla 3.2 antes citada.

Los materiales pétreos deben cumplir con los requisitos establecidos en el libro 4.01.01 inciso 009-C.08 de las normas de calidad de la S.C.T. y cuyos parámetros principales, así como, valores especificados se resumen en la tabla No. 3.3 que se presenta enseguida.

Tabla No. 3.3. Especificaciones para la capa de base hidráulica.

Concepto	Valor especificado	Observaciones
Espesor	16.0 cm	
Tamaño de material	1 1/2" a finos	Material triturado mezclado con material de subrasante.
V.R.S.	102%, mínimo	
Grado de compactación	97% de su P.V.S.M., mínimo	Según prueba AASHTO estándar
Granulometría	De acuerdo a límites en tabla No 3.2.	
Límite líquido	30%, máximo	
Contracción Lineal	4.6%, máximo	
Equivalente de arena	30%, mínimo	
Densidad	2.3, mínimo	
Afinidad con el asfalto	25% máx. desprend. por fricción. 90% mín. cubrimiento c/asfalto, método inglés. 25% máx. desprend de película.	Que cumpla dos de las pruebas.

3.1.3.- Normas de calidad de materiales para carpeta asfáltica.

3.1.3.1.- Materiales pétreos.

Definición.- Son los materiales naturales seleccionados o sujetos a tratamientos de disgregación, cribado, trituración o lavado, que aglutinados con un material asfáltico se emplean en la elaboración de mezclas asfálticas.

Los materiales pétreos para carpetas asfálticas por el sistema de planta estacionaria deberán satisfacer las siguientes normas:

Tabla 3.4. Especificación para materiales pétreos para concreto asfáltico.

Concepto	Valor especificado	Observaciones
Granulometría	De acuerdo a los límites de la tabla No. 3.5	
Contracción lineal	2.0%, máx.	
Desgaste de Los Angeles	40%, máx.	
Forma de las partículas	35%, máx.	Partículas lajeadas o alargadas.
Equivalente de arena	65%, máx.	
Afinidad con asfalto AC-20	25% máx. desprend. por fricción. 90% mín. cubrimiento c/asfalto, método inglés. 25% máx. pérdida de estabilidad por inmersión en agua	Que cumpla dos de las pruebas.
Densidad material pétreo	2.4 mín.	

Tabla No. 3.5. Banda granulométrica para materiales que se empleen en concretos asfálticos.

Denominación de la malla	Porcentaje que pasa	
	Límite inferior	Límite superior
1"	100	100
3/4"	90	100
3/8"	70	100
3/8"	65	100
No. 4	48	70
No. 10	32	60
No. 20	22	34
No. 40	18	25
No. 60	12	20
No. 100	10	15
No. 200	5	10

3.1.3.2.- Materiales asfálticos.

Definición.- El asfalto es un material bituminoso de color negro, constituido principalmente de asfaltenos, resinas y aceites, elementos que proporcionan características de consistencia, aglutinación y ductilidad; es sólido o semisólido y tiene propiedades cementantes a temperaturas ambientales normales. Al calentarse se ablanda gradualmente hasta alcanzar una consistencia líquida.

Los materiales asfálticos se clasifican en cementos asfálticos, emulsiones asfálticas y asfaltos rebajados, dependiendo del vehículo que se emplee para su incorporación o aplicación, como se indica en la tabla No. 3.6.

Tabla No. 3.6. Clasificación de los materiales asfálticos.

Material asfáltico	Vehículo para su aplicación	Usos más comunes
Cemento asfáltico	Calor	Se utiliza en la elaboración en caliente de carpetas, morteros y estabilizaciones, así como elemento base para la fabricación de emulsiones asfálticas y asfaltos rebajados.
Emulsión asfáltica	Agua	Se utiliza en la elaboración de carpetas en frío, morteros, riegos y estabilizaciones.
Asfalto rebajado	Solventes	Se utiliza en la elaboración de carpetas en frío, y para la impregnación de sub-bases y bases hidráulicas.

Nota: Actualmente los asfaltos rebajados no están disponibles en el mercado, debido al inconveniente que presentan al liberar una gran cantidad de contaminantes durante su uso.

Para elaborar la mezola asfáltica en caliente se emplea el cemento asfáltico tipo AC-20. Este material se transporta en pipas especiales para dicho material. Las pipas están acondicionadas con calentadores para licuar el material asfáltico y poder descargar a los almacenes en la planta de asfalto. Las pruebas para determinar las características se enlistan en la tabla No. 3.7

Tabla No. 3.7. Normas para el cemento asfáltico AC-20.

Características	Norma
Viscosidad a 60°C. Poises.	2000(± 400)
Viscosidad a 135°C. Centistokes, mínimo.	300
Penetración 25°C, 100 g, 5 segundos, mínimo	60
Punto de inflamación, copa abierta de Cleveland, °C mínimo.	232
Solubilidad en tricloroetileno, %, mínimo.	99,5
Punto de reblandecimiento, °C.	48-58
Prueba de la película delgada, 50 cm ² 3.5 h 163°C	
Pérdida por calentamiento, % mínimo	0,5
Disolvente en volumen, %	
Viscosidad a 80°C, poises, máximo.	8000
Ductilidad, a 25°C, 5 cm por minuto cm, mínimo.	50
Penetración retenida, % mínimo.	54

El riego de impregnación consiste en la aplicación de material asfáltico sobre la capa de base hidráulica, con el objeto de impermeabilizarla y favorecer la adherencia entre ella y la capa de carpeta asfáltica. El material que se usa es una emulsión de rompimiento lento para impregnación del tipo RLI-50 y deberá cumplir con los requisitos de calidad de la tabla No. 3.8.

El riego se ejecutara a razón de 1,4 a 1,7 lts/m²

Tabla No. 3.8. Normas para emulsión asfáltica RLI-50 o similar para riego de impregnación

Características	Norma
Viscosidad Saybolt-Furol A 25°C, segundos	20-100
Viscosidad Saybolt-Furol A 50°C, segundos	
Residuo de la destilación (contenido de cemento asfáltico) % en peso, mínimo	57
Asentamiento en 5 días, diferencia en %, máximo	3
Emulsibilidad:	232
35 ml de 0.02N CaCl, %, mínimo	
50 ml de 0.02N CaCl, %, mínimo	
Retenido en la malla No. 20, %, máximo	0,10
Miscibilidad con cemento portland, %, máximo	2,0
Pruebas al residuo de la destilación	
Penetración a 25°C, 100 g, 5 segundos, grados	100-200
Solubilidad en tricloroetileno de carbono, %, mínimo	97,50
Ductilidad, a 25°C, cm, mínimo	40

El riego de liga consiste en la aplicación de material asfáltico sobre la capa de base hidráulica impregnada, previamente a la construcción de la capa de carpeta asfáltica. El material que se usa es una emulsión de rompimiento rápido del tipo RR-50 a razón de 0.8 a 0.9 lts/m². La emulsión asfáltica deberá cumplir con los requisitos de calidad de la tabla No. 3.9.

Tabla No. 3.9. Normas para emulsión asfáltica RR-60 o similar para riego de liga.

Características	Norma
Viscosidad Saybolt-Furol A 25°C, segundos	0-50
Viscosidad Saybolt-Furol A 50°C, segundos	20-100
Residuo de la destilación (contenido de cemento asfáltico) % en peso, mínimo	60
Asentamiento en 5 días, diferencia en %, máximo	5
Emulsibilidad:	232
35 ml de 0.02N CaCl, %, mínimo	
50 ml de 0.02N CaCl, %, mínimo	
Retenido en la malla No. 20, %, máximo	0,10
Pasa por la malla No. 20 y se retiene en la malla No. 60, %, máximo	0,25
Carga de la partícula	(+)
Disolvente en volumen, %	
Punto de ruptura, en segundos	> 100
Pruebas al residuo de la destilación	
Penetración a 25°C, 100 g, 5 segundos, grados	100-250
Solubilidad en tricloroetileno de carbono, %, mínimo	97,50
Ductilidad, a 25°C, cm, mínimo	40
Flotación a 80°C, segundo, mínimo	8.3

3.2. A.S.T.M.

Para el presente trabajo sólo se hace referencia a las normas de la AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM por sus siglas), en los procedimientos, debido a que estos se establecieron de acuerdo a las normas de la SCT y de la ASTM. Sin embargo, como se indicó desde los primeros renglones de este capítulo: Las especificaciones que rigen el proyecto están contenidas en el documento LICAJ2900 RG1EEC35 de las especificaciones particulares. Por lo tanto de las normas de la ASTM no se hablará más en el desarrollo del trabajo y al en cambio se tendrá el marco de referencia de las normas de la SCT y de las especificaciones particulares previamente citadas

Capítulo 4. MUESTREO Y ENSAYE.

Sin duda alguna el muestreo de materiales acorde a los procedimientos es fundamental para que el resultado de las pruebas y ensayos de laboratorio sean el indicador de la calidad de la obra.

La fuente principal de materiales con los que se conforma la capa de sub-base y la base hidráulica es el banco La Laguna localizado en el camino que va de la población de Santa María del Oro a La Laguna del mismo nombre aproximadamente a 12.5 kilómetros desde el km 0+000 hasta dicho banco. La granulometría del material procesado mediante trituración parcial y cribado, presenta una carencia de material entre las mallas de 1 ½" a ¾".

Al incluir la grava de 1 ½" a ¾" que hace falta para ajustar la curva en la zona de las gravas, se observa una tendencia a salirse la curva en las mallas de arena fina. Para compensar este déficit de arena fina y aportar cohesión a la mezcla, se incorporó la arena limosa del banco El buruato

Para el diseño de la sub-base y base hidráulica se realizaron mezclas de material parcialmente triturado de 1 ½" a finos del banco La Laguna, con grava de 1 ½" a ¾" del banco Guadalupe o bien del banco El vertedor y arena limosa del banco El buruato localizado en el km 17+800 d/d 300 m. La mezcla de diseño se reprodujo a escala industrial en un estabilizador que se localiza en el km 0+000 desviación izquierda 200 m.

La mezcla resultante en peso es como sigue:

- 75% de grava-arena de 1 ½" a ¾" del banco La Laguna
- 15% de grava del banco Guadalupe o banco El vertedor
- 10% de limo (arena limosa) del banco El Buruato

Esta mezcla de diseño resulta con parámetros de calidad que cumplen las especificaciones de la Comisión Federal de Electricidad (CFE por sus siglas)

En la figura 4.1 se muestra un reporte de calidad de material para sub-base y base hidráulica, en el cual podemos observar, que se cumple ampliamente con los límites especificados.

Figura No. 4.1.- Reporte de calidad de base hidráulica.

Proyecto Hidroeléctrico "El Cajón"		SP-DF-LAB-PRO-0018 /01 A.8			
Pruebas en Terracerías Subbase y Base para Pavimentos		Sistema de Gestión			
INFORME PRUEBAS DE TERRACERÍAS Y CAPAS DE PAVIMENTO					
Revisión: 01	Fecha de revisión: 12/02/04		Elaboró: BCB		
TRAMO: CAMINO DE ACCESO DEFENSIVO		LUGAR DE MUESTREO: km. 12+200 FRANJA DER			
MUESTRA Nº: 364		CANTIDAD DE MATERIAL RECIBIDO: 50 kgp.			
FECHA DE MUESTREO: 02 - Abril - 04		MATERIAL: GRAVA - ARENA - LIMO (BASE)			
PROCEDENCIA: ESTABILIZADOR		TAMAÑO: 1%			
TRITURACION PARCIAL - CREADO Y MEZCLADO					
PRUEBA	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN	PRUEBA	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN
MATERIAL	----	---	MATERIAL PASA MALLA No. 40	----	---
GRAVEDAD ESPECÍFICA	APARENTE 2.69	2.3 min.	LÍMITE LÍQUIDO, %	23.8	30 max.
ABSORCIÓN, %	----	---	LÍMITE PLÁSTICO, %	NP	---
VALOR RELATIVO DE BOPORTE, %	136.9	62 / 102 min.	ÍNDICE PLÁSTICO, %	NP	---
EXPANSIÓN, %	0.02	---	CONTRACCIÓN LINEAL, %	1.0	4.5 max.
VALOR CEMENTANTE, kg/m ³	----	---	EQUIVALENTE DE ARENA, %	45.9	50 min.
ÍNDICE DE DURABILIDAD, %	----	---	HUMEDAD NATURAL, %	----	---
PESO ESPECÍFICO MÁXIMO, kg / m ³	1912	---	CLASIFICACIÓN SUCS	GM	---
HUMEDAD ÓPTIMA, %	11.1	---	GRANULOMETRÍA	----	---
PESO ESPECÍFICO SECO SUJETO, kg/m ³	1385	---	ZONA GRANULOMÉTRICA SCT	----	---
ABUNDAMIENTO (en Base a Suave)	----	---	DESPERDICIO, %	----	---

GRANULOMETRÍA			CRIBAS	
CRIBA	mm	% QUE PASA		
3"	76.10	100		
2"	50.80	100		
1 1/2"	38.10	100		
3/4"	19.00	64		
3/8"	9.51	52		
No. 4	4.75	39		
No. 10	2.00	29		
No. 20	0.84	20		
No. 40	0.42	13		
No. 60	0.25	11		
No. 100	0.15	8		
No. 200	0.07	7.2		
OBSERVACIONES:				

REFERENCIAS:	EL LABORATORIO LAMCO	CONTROL DE CALIDAD CISA	SUPERVISIÓN OPYP	FOLIO CONSECUTIVO
LIBRO 4 BCT				364
LIBRO 8 BCT				FORMATO No.
CPE				PIC-34
	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	CONTROL ENTREGA:
				Abril-04

PROMUEVA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SI LA APROBACIÓN CORRESPONDIENTE DE LA COORDINACIÓN DE CONTROL DE CALIDAD

Para el diseño del concreto asfáltico se mezcló material de ½" a No. 4 y arena del banco Guadalupe con arena del banco La Laguna en la proporción siguiente:

30% grava triturada de ½" a No. 4 del banco Guadalupe

35% de arena producto de trituración de ½" a finos del banco Guadalupe.

35% de arena parcialmente triturada y cribada de 3/8" a finos del banco La Laguna

4.1. Ubicación de bancos de materiales.

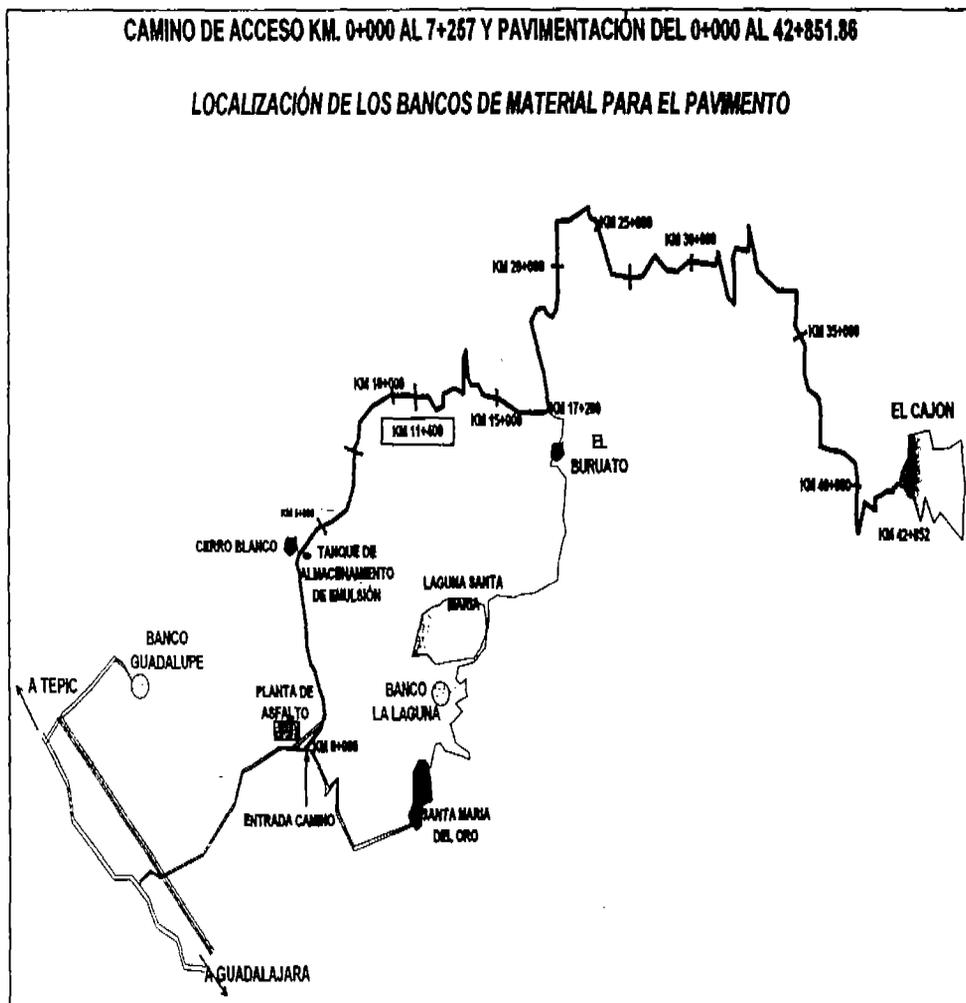
Los principales bancos son los que indican en la tabla 4.1.

Tabla No. 4.1 Cuadro de bancos

NOMBRE	UBICACIÓN	MATERIAL	TRATAMIENTO	USO
La Laguna	A 12.5 km del Camino Sta. María del Oro a El buruato, desviación Izq. 1,500 m.	Grava-arena 1 ½" a finos	Parcialmente triturada y cribada	Sub-base y base hidráulica
		Arena de 3/8" a finos		Carpeta asfáltica
Guadalupe	A 2.4 km a la derecha de la Carretera Guadalajara-Tepic Frente al poblado de La Labor y a 17 km del km 0+000 del camino de acceso al P.H. El Cajón	Grava de 1 ½" a ¾"	Triturado total y cribado	Sub-base y base hidráulica
		Grava de ¾" a No. 4	Triturado total y cribado	Carpeta asfáltica
		Arena de ¾" a finos	Triturado total y cribado	Carpeta asfáltica
El Buruato	Km 17+800 del camino de acceso al P.H. El Cajón	Arena limosa	Disgregado durante la explotación	Sub-base y base hidráulica
El Vertedor	Margen der. Del proyecto Hidroeléctrico El Cajón	Grava de 1 ½" a ¾"	Triturado total y cribado	Sub-base y base hidráulica

En la figura 4.2 se presenta el croquis de localización de los principales bancos empleados para las capas del pavimento

Figura 4.2.- Croquis de localización de bancos para pavimento.



4.2. Estudios de calidad.

Esta etapa es una de las más importantes del control de calidad ya que los reportes que se generan por esta actividad del laboratorio, son necesarios para la justificación de las estimaciones o certificaciones en materia de calidad. Esto quiere decir que al tener los reportes de ensayos de calidad en tiempo y forma de acuerdo al plan de inspección y pruebas, se contará automáticamente con los soportes de la obra ejecutada. (En el anexo A 4-1 se presenta un plan de inspección y pruebas tipo, donde se puede observar lo que corresponde a las pruebas de las etapas de sub-base, base hidráulica y carpeta asfáltica.

A continuación se presentan un reporte tipo de estudios de calidad de sub base y base hidráulica durante la construcción del camino de acceso definitivo al P.H. El Cajón.

4.3. Control de producción de sub-base y base hidráulica.

El control de producción es importante para tener la certeza de que la mezcla que se suministra al frente de trabajo es producto conforme y así después de colocada la capa se procede a hacer un muestreo de acuerdo al plan de inspección y pruebas que se presenta en el anexo A 4-1 referido en el punto anterior.

La mezcla de los materiales se lleva a cabo en el estabilizador ubicado en el km 17+800 d/d 300 m el cual esta constituido principalmente por tolvas, alimentadores, banda transportadora de los componentes, mezclador con incorporación de agua y banda transportadora de salida del material procesado.



Cargando a la tolva de material grava arena de La Laguna

Figura 4.3

Producción de sub-base y base hidráulica.

Obsérvese al personal de laboratorio haciendo un muestreo para monitorear humedad de producción.

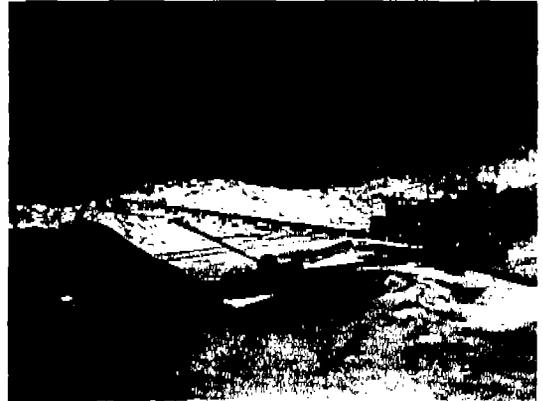


Figura 4.4

La labor del inspector de calidad, consiste en revisar a diario el proceso de mezclado verificando que los almacenes de los componentes se presenten sin contaminantes, que el agua adicional sea cercana a la humedad óptima que resulte de la prueba de compactación aaahito estándar.

Una vez poseada la mezcla de materiales, se toma una muestra del la banda para lo cual se detiene momentáneamente la producción, se mide un metro de longitud de banda y se toma todo el material en dicha sección; El material se lleva al laboratorio y se procede a secado para determinar posteriormente su granulometría. Todo lo descrito se ejecuta de acuerdo a los procedimientos ya mencionados.

En el supuesto de existir una desviación en la granulometría o en la humedad de producción se avisa al encargado de producción para su corrección inmediata.

De igual forma si el resultado del monitoreo es satisfactorio, también se notifica directamente al encargado de producción para tener retroalimentación constante. Esta retroalimentación también se da en el sentido del encargado de producción hacia el laboratorio para saber en un momento, si se tiene alguna falla mecánica o bien insuficiencia de almacén de componentes que impacte directamente en el rendimiento de producción o que implique inclusive un paro de actividades.

La producción ordinaria es de 1400 m³ por lo cual una vez establecida una producción constante en granulometría y humedad, se toman muestras dos o tres veces al día.

En la figura 4.5 se muestra una tabla donde se puede apreciar que la producción de mezcla para sub-base y base hidráulica presenta granulometrías muy homogéneas.

Figura No. 4.5.- Tabla de granulometrías de control de producción de base hidráulica.

Control de producción del mes de abril del 2004 Estabizador en El Buruto km 17+800 d/d 300 m											
Fecha	Muestra No.	MALLA									
		1 1/2"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 20	No. 40	No. 60	No. 100	No. 200
13-Abr-04	397	100	71	53	41	28	19	13	11	9	8
14-Abr-04	409	100	73	53	42	31	21	14	11	8	7
16-Abr-04	426	100	74	57	45	33	22	17	13	11	7.3
18-Abr-04	430	100	78	59	46	32	21	17	13	11	8.8
17-Abr-04	432	100	69	50	39	30	20	14	12	10	7.0
17-Abr-04	433	100	73	57	47	32	22	15	13	11	8.0
19-Abr-04	442	100	69	53	42	28	18	12	10	8	7.0
19-Abr-04	443	100	66	52	41	28	19	13	10	7	6.0
20-Abr-04	445	100	71	53	41	28	18	12	9	7	6.0
20-Abr-04	446	100	77	60	47	28	17	11	9	7	6.0
21-Abr-04	459	100	68	50	38	25	17	12	10	8	7.0
21-Abr-04	460	100	66	49	37	25	17	11	9	7	6.0
22-Abr-04	481	100	65	45	34	24	18	13	11	9	7.0
23-Abr-04	483	100	67	51	40	27	17	11	9	7	6.0
23-Abr-04	484	100	66	48	34	25	18	13	11	9	7.5
24-Abr-04	496	100	67	48	35	26	18	12	10	8	7.0
26-Abr-04	499	100	70	51	38	26	18	12	9	7	6.0
26-Abr-04	500	100	69	53	39	27	17	12	9	7	6.0
27-Abr-04	510	100	74	54	38	27	16	13	10	8	7.0
27-Abr-04	511	100	70	48	30	22	14	10	8	7	6.0
28-Abr-04	514	100	68	54	41	29	19	13	10	8	7.0
28-Abr-04	515	100	67	63	41	30	20	13	10	8	7.0
29-Abr-04	525	100	74	59	44	31	20	13	10	8	7.0
29-Abr-04	526	100	73	57	44	32	21	14	11	8	7.0
30-Abr-04	537	100	73	54	37	26	16	11	9	7	6.0
30-Abr-04	538	100	77	60	44	33	22	16	12	9	8.0
Promedio		100	70.58	53.04	40.12	28.19	18.73	12.92	10.35	8.23	6.62
Desviación estándar		0.00	3.52	4.13	4.29	2.95	2.01	1.72	1.38	1.31	0.83
máximo		100	77	60	47	33	22	17	13	11	8.6
mínimo		100	65	45	30	22	14	10	8	7	6

4.4. Determinación y control del grado de compactación en capas de sub-base y base hidráulicas.

El proceso de compactación de las capas de sub-base y base hidráulicas inicia desde que el material se recibe en el sitio de colocación, por lo cual se realiza una inspección física para observar las condiciones en las que se encuentra la capa que recibe el nuevo material. Es decir la capa por construir se formará sobre material seco, compacto y con pendiente sin escalonamientos, también el inspector de campo observa que el material que llega tenga una humedad adecuada, de no ser así, se solicita un ajuste de inmediato a la persona encargada de la producción en el estabilizador. Una vez que se cuenta con las condiciones de colocación, el material se tiende con una maquina autopropulsada (finisher, ver fig. 4.6) que de una pasada coloca el material en el espesor y ancho fijados en el proceso constructivo.

Inmediatamente después de colocado el material y antes de que se pierda humedad por evaporación y/o desecado por viento se procede a compactar la capa hasta alcanzar el 95% y el 97% del PVSMA AASHTO estándar, para sub-base y base hidráulica respectivamente.

Una vez terminada la capa se procede a la cala o sondeo para revisar el grado de compactación y el espesor de capa. Para esto se determina en primera instancia el peso volumétrico húmedo del lugar de acuerdo al procedimiento establecido. Con el peso volumétrico húmedo y una vez que se determina la humedad del lugar se calcula el peso volumétrico seco del lugar y se compara este con el peso volumétrico seco máximo resultante de la prueba AASHTO estándar de laboratorio y se calcula el porcentaje de compactación de la capa. Con este dato cumpliendo la especificación respectiva se autoriza la capa para proceder a la etapa constructiva siguiente. En el caso de sub-base liberada se puede recibir base hidráulica y en el caso de base liberada se procede de inmediato a la impregnación de la capa.



Inicia colocación de capa de sub-base

20 2 2004

Figura 4.6

Ejecución de cala para
Determinación de grado de
compactación



Figura 4.7

El proceso de prueba es como se ilustra en el siguiente ejemplo:

El ingeniero jefe de frente libera el tramo de sub-base km 15+900 al 16+780 franjas izquierda e izquierda y además el tramo de sub-base del km 16+920 al 17+740 franja derecha. El laboratorista procede a realizar las calas a cada 20 m. en "tresbolillo" a todo lo ancho de la capa, esto es: en la izquierda, centro y derecha de la capa completa. Y al centro y derecha de la capa construida sólo en la franja derecha. Los sondeos o calas que se ejecutan en la izquierda o derecha se ubican a 70 cm de la orilla de la última capa que se construirá.

Se ejecutan las pruebas en cada punto de acuerdo al procedimiento del anexo A 2-2 puntos 7.8 y 7.9.

Seleccionado el sitio de prueba, se prepara la superficie sensiblemente plana y libre de partículas sueltas y se realiza la excavación en el espesor de proyecto (15 cm).

En la excavación debe evitarse alteraciones en las paredes y el fondo.

Inmediatamente se extrae el material de la excavación y se pesa (W_m), posteriormente de ese mismo material se toma un testigo para determinar su humedad (w).

Se pesa la arena seca con el frasco y el cono (W_{fs}); posteriormente se pone el dispositivo sobre una superficie plana y se abre y cierra la válvula, y se retira el dispositivo de arena remanente y se pesa (W_{sr}); la diferencia es el peso del cono de arena ($W_{sc} = (W_{fs}) - (W_{sr})$).

Se llena el sondeo con la arena del dispositivo previamente pesado (W_{si}) y se pesa el dispositivo con la arena sobrante (W_{sf}); el peso de la arena depositada (W_s) será la diferencia de $((W_{si}) - (W_{sf})) - (W_{sc})$.

La prueba se calcula:

Volumen del sondeo (Vm) = $(Ws / PVsd) \times (1,000)$

Peso Volumétrico del material húmedo (PVMh) = $((Wm) / (Vm)) \times (1,000)$

Peso Volumétrico del material seco (PVms) = $(PVMh) / (100 + (w_1)) \times (100)$; kg/m³

Una vez terminado calculado y determinado el peso volumétrico del material seco (PVms), se relaciona con el peso volumétrico seco máximo determinado en el laboratorio y de acuerdo con la energía de compactación establecida en las especificaciones del proyecto.

La prueba se calcula:

Peso Volumétrico del material seco (PVms), determinado "in situ".

γ_s = Masa volumétrico seco en kg/m³, máximo determinado en el laboratorio.

% de compactación = $(PVms) / \gamma_s \times 100$; con aproximación a la décima.

Los resultados se registran para después hacer el reporte respectivo tal y como se muestra en la figura 4.8.

Figura No. 4.8.- Reporte de compactación en capa de sub-base.

Proyecto Hidroeléctrico "El Cajón"		SP-DP-LAB-PRO-0016 r01 A.7						
Pruebas en Terracerías Subbase y Base para Pavimentos		Sistema de Gestión						
REPORTE DE COMPACTACIONES								
Revisión: *1*	Fecha de revisión: 31/03/03		Elaborador: VCH					
FUENTE:	CAMINO DE ACCESO DEFINITIVO		FECHA DE PRUEBA: 19-Abr-04					
UBICACIÓN:	SUB-TRAMO km. 7+253 - 42+700		SE INDICA					
MOUESTRA:			METODO DE PRUEBA: CONO Y PLACA					
PROCEDENCIA DEL MATERIAL		MATERIAL:						
ESTABILIZADOR EL BUREATO		GRAVA CONTROLADA						
No. DE ENBAYE	LOCALIZACIÓN	PROFUNDIDAD DEL SONDEO, cm	PESO VOLUMETRICO, kg/m ³		HUMEDADES		% DE COMPACTACIÓN	
			MAXIMO	DEL LUGAR	OPTIMA	DEL LUGAR		
CAPA DE SUB-BASE km. 16+909 - 19+780 FRANJA DEL E.D.O.								
2916	16+909	I	15.0	1,688	1,847	15.0	13.7	97.9
2917	16+920	C	15.0	1,686	1,836	15.0	14.1	97.3
2918	16+940	D	15.0	1,686	1,841	15.0	13.9	97.6
2919	16+960	I	15.0	1,680	1,829	15.0	14.2	96.9
2920	16+980	C	15.0	1,688	1,847	15.0	14.4	97.0
2921	16+640	D	15.0	1,688	1,837	15.0	13.6	97.4
2922	16+700	I	15.0	1,688	1,843	15.0	13.7	97.7
2923	16+720	C	15.0	1,686	1,836	15.0	13.9	97.3
2924	16+740	D	15.0	1,686	1,824	15.0	13.9	96.7
CAPA DE SUB-BASE km. 19+920 - 17+740 FRANJA DERECHA								
2925	16+920	C	15.0	1,686	1,836	15.0	13.7	97.8
* 2926	16+940	D	15.0	1,686	1,834	15.0	14.2	97.2
2927	17+220	C	15.0	1,680	1,847	15.0	13.9	97.9
2928	17+240	D	15.0	1,686	1,836	15.0	14.2	97.3
2929	17+320	C	15.0	1,686	1,843	15.0	13.8	97.6
2930	17+340	D	15.0	1,686	1,836	15.0	14.0	97.3
2931	17+420	C	15.0	1,680	1,839	15.0	13.9	97.6
2932	17+440	D	15.0	1,686	1,837	15.0	14.2	97.4
2933	17+520	C	15.0	1,688	1,851	15.0	13.8	98.1
2934	17+540	D	15.0	1,688	1,836	15.0	13.9	97.3
2935	17+620	C	15.0	1,688	1,834	15.0	13.7	98.3
2936	17+640	D	15.0	1,680	1,834	15.0	13.9	97.2
2937	17+720	C	15.0	1,686	1,841	15.0	13.6	97.6
2938	17+740	D	15.0	1,680	1,834	15.0	14.1	97.2
ESPECIFICACIÓN								95%
OBSERVACIONES:		LOS VALORES OBTENIDOS CUMPLE CON EL % ESPECIFICADO DE PROYECTO						
		* IGUALDAD km. (16+967.282 - 17+179.203)						
REFERENCIAS:		LUGAR		FECHA DE EMISIÓN		FOLIO CONSECUTIVO		
ASTM D-2922 SCT L-4, L-6		SANTA MARIA DEL ORO		22-Abr-04		No.		
		LABORATORIO LANCO	CONTROL DE CALIDAD CIQA	SUPERVISIÓN GPYPBA		FORMATO No.		
		ING. JUAN CARLOS SILVESTRE	ING. IBRAHIM BADI BANE			PHC-70		
		NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA		CONTROL ARCHIVO:		
LABORATORIO LANCO CALLE 23 No. 23 SAN PEDRO DE LOS PINOS, MEDICO, D. F. D. P. 03808								
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE LA COORDINACIÓN DE CONTROL DE CALIDAD								

4.5. Control del riego de Impregnación.

El riego de Impregnación se lleva a cabo con material asfáltico del tipo emulsión catiónica RLI-50.

El riego de Impregnación se ejecuta una vez liberada la capa de base hidráulica en lo que corresponde a calidad del material y su grado de compactación.

Para esta actividad se cuenta con una petrolizadora equipada con barra y espreas que a la altura y orientación adecuadas, proporcionan un riego uniforme.

Antes de iniciar los riegos de Impregnación, el material asfáltico se llevó a laboratorio para hacerle las pruebas de calidad correspondientes. Al mismo tiempo se realizan mosaicos de prueba en campo con diferentes consumos por metro cuadrado. De estas pruebas se determina el consumo del producto por metro cuadrado así como también se observa si el material es compatible con los materiales que conforman la base hidráulica.

Una vez que se establece el consumo y se verificó que no se contraponen con lo expresado en las especificaciones del proyecto, se libera la Impregnación.

Para iniciar la Impregnación se mide lo largo y ancho del tramo a Impregnar. También se verifica la lectura de la bayoneta de la petrolizadora y temperatura del producto. Se registran estos datos en el documento respectivo de acuerdo al procedimiento y se realiza el riego.

Una vez que la petrolizadora termina el riego, esta se estaciona y se lee nuevamente la bayoneta para obtener el consumo de material. Con el dato de material asfáltico regado y el área regada se calcula el consumo en lt/m^2 y se apunta en el reporte respectivo (figura 4.9).

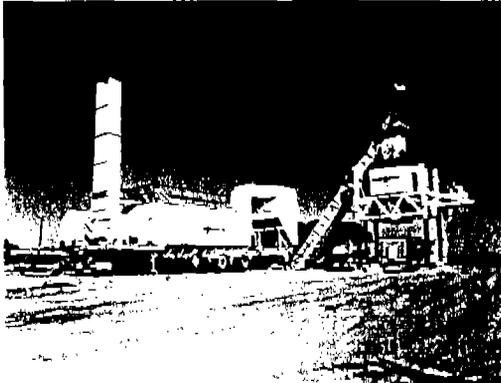
Figura 4.9.- Reporte de riego de impregnación.

INFORME: RIEGOS ASFALTICOS				
Revisor: "2"		Fecha de Revisor: 31/03/04		Elaboró: HMM
FRENTE: CAMINO DE ACCESO DEFINITIVO		FECHA DE PRUEBA: 02 - Abril - 04		
UBICACIÓN: SUB-TRAMO: 7+257 - 43+000		PROCEDENCIA: ALMACEN OBRA		
CONSTRUCTORA: CIRCEA		PARA USARSE EN: IMPREGNACION		
LOCALIZACION		PRODUCTO ASFALTICO	CONSUMO Es./m ²	TEMPERATURA PRODUCTO °C
<p style="text-align: center;">CUERPO UNICO CARRIL DERECHO E IZQUIERDO</p> <p>km. 11,270 A km. 11,380</p> <p>LONGITUD VERIFICADA: 110 m</p> <p>ANCHO DE CORONA: 9.35 m.</p> <p>AREA: 1028.5 m².</p> <p>PRODUCTO INICIAL: 4400 Es.</p> <p>PRODUCTO FINAL: 2700 Es.</p> <p>CANTIDAD APLICADA: 1700 Es.</p> <p>INICIO ____ hrs. TERMINACION ____ hrs.</p>		RLI - 2K	1.65	50
<p style="text-align: center;">CUERPO UNICO CARRIL DERECHO E IZQUIERDO</p> <p>km. 10,910 A km. 10,940</p> <p>LONGITUD VERIFICADA: 30 m</p> <p>ANCHO DE CORONA: 9.35 m.</p> <p>AREA: 280.5 m².</p> <p>PRODUCTO INICIAL: 2700 Es.</p> <p>PRODUCTO FINAL: 2300 Es.</p> <p>CANTIDAD APLICADA: 400 Es.</p> <p>INICIO ____ hrs. TERMINACION ____ hrs.</p>		RLI - 2K	1.43	50
OBSERVACIONES:				
REFERENCIAS:	EL LABORATORIO	CONTROL DE CALIDAD	SUPERVISION PYPSA	FOLIO CONSECUTIVO No.
SCT L-3.0100				31
SCT L-4.0103/04				FORMATO No.
SCT L-4.0100	ING. JUAN C. SILVESTRE RAMIREZ	ING. ROUBADJI SANE		LANCERO-01
	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	CONTROL DE EMPRESA
				Abx-04

4.7. Control de producción, tendido y compactación de la carpeta asfáltica.

La producción de la mezcla asfáltica se lleva a cabo en la planta estacionaria localizada en el inicio del camino de acceso definitivo al P.H. El Cajón km 0+000 a 200 m lado izquierdo.

La planta es un equipo CMI para elaborar mezcla asfáltica en caliente con un rendimiento aproximado de 1400 toneladas por turno de 10 horas.



Planta CMI, km 0+000 D/ Izq. 200 m
Entronque Camino a Santa María de Oro
con camino al P. H. El Cajón, en el
estado de Nayarit, México.

Figura 4.11

Previo a la producción se hace pasar material por la planta, sin cemento asfáltico. Se toma una muestra de la mezcla de agregados y se obtiene su granulometría. La curva resultante se compara con la curva de diseño y, si no existe variación sustancial, se procede a la producción industrial de mezcla asfáltica.

Al arranque de la producción y a cada 50 m³ se toma una muestra de mezcla asfáltica para obtener: granulometría, contenido de cemento asfáltico y elaboración de especímenes Marshall. Las pastillas Marshall se ensayan a las 24 horas de edad para obtener las características de estabilidad, flujo, vacíos en la mezcla y vacíos en el agregado mineral.

Se toma una muestra de material asfáltico en la abertura que tiene a la descarga el tambor giratorio a los cangilones del elevador (figura 4.12). Inmediatamente se toma la temperatura de producción la cual oscila entre 150 y 160 °C.

La mezcla se lleva al laboratorio instalado junto a la planta donde se toman por cuarteo porciones de aproximadamente 1,200 gramos para elaborar pastillas Marshall. También se toma



Compuerta a la salida de la mezcla del tambor hacia los cangilones del elevador

Figura 4.11

una porción similar para lavar la mezcla y poder determinar el contenido de asfalto en la mezcla. Las pastillas Marshall se elaboran en series de tres con el equipo descrito en el procedimiento del anexo A 2-3 punto 7.15. La elaboración consiste en depositar la mezcla al molde provisto de collarín. Se compacta el espécimen con 75 golpes por cara, se deja enfriar, se saca del molde, se identifica y se dejan en reposo para ensayarse a las 24 hrs.

La muestra para lavado se deja enfriar y se coloca en el plato del equipo rotarex, se le adiciona aproximadamente 0.5 lts de tricloroetileno agitando ligeramente con una espátula, se coloca el papel filtro, se cierra el plato ajustándolo bien, se opera para que actúe la centrifuga, se revisa que no existan residuos de material asfáltico, si este fuera el caso se lava dos o tres veces más. Una vez que el agregado esta limpio y seco se pesa. Por diferencia de peso se determina el contenido de asfalto en por ciento respecto al pétreo y a la mezcla. El material pétreo es pasado por las mallas y se determina su granulometría.

Las pastillas Marshall se curan y a las 24 hrs de edad se preparan para su ensaye como sigue: Se pesa cada una en aire, se mide su altura, se determina su peso sumergido para determinar su volumen para lo cual se utiliza parafina como recubrimiento, se retira la parafina y se curan en baño María por 30 min. a 60 °C. Las tolerancias están marcadas en el procedimiento o bien en la especificación del libro 6 de la S.C.T. Una vez transcurrido el tiempo de saturación en baño María se sacan cada una de las pastillas y se elimina la humedad superficial con un paño seco, se coloca la pastilla en la base de la mordaza, se coloca el cabezal superior y en esta forma se lleva el conjunto a la máquina de compresión, donde se centra. Se instala la varilla guía y el micrómetro para medir el flujo, se ajusta a cero y se inicia la carga.

Se aplica carga a velocidad constante de 50.8 mm por minuto hasta que se presenta la falla del espécimen, se registra este valor que es la estabilidad Marshall.

En la hoja de registro y cálculos se procede a calcular las demás características Marshall que serían: Estabilidad; flujo, vacíos, vacíos en agregado mineral y peso volumétrico.

Con estos datos Marshall, contenido de asfalto y granulometría se integra el reporte de calidad de mezcla asfáltica, el cual se muestra en la figura 4.12.

Figura 4.12.- Registro Marshall de pruebas de control de producción.

REGISTRO DE CONTROL DEL CONCRETO ASFÁLTICO							
FRENTE: CAMINO DE ACCESO DESPACHO		FECHA DE PRUEBA: 17 - Mayo - 04		UBICACIÓN: SUB-TRAMO, kms. 8-000 - 43-000		MUESTREA: SALIDA BICICLO A ELEVADOR (2) SALIDA A BLD	
CONSTRUCTORA: CECBA		PARA USARSE EN: CARPETA ASFÁLTICA					
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL							
GRAVA TRITURADA DE 3/4" A No. 4 (BANCO GUADALUPE)							
ARENA PRODUCTO DE TRITURACIÓN DE 1/4" A FINOS (BANCO GUADALUPE)							
ARENA TRITURACIÓN PARCIAL Y CIBADA DE 3/4" A FINOS (BANCO LA LAGUNA)							
Carbón: 38 Tendido en el Km.: 22-508 Al Km.: 22-533 Frayje: DERECHA							
Temperatura de la Mezcla al ser: 180 En el molde: 134 Al Hacer compact.: 118							
Malla	Wc que pasa	Módulo	Módulo	COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA			
"	100	100	100				
3/4"	100	80	100				
1/2"	93	70	100				
3/8"	82	65	100				
Nº 4	84	48	70				
Nº 10	40	32	80				
Nº 20	20	22	34				
Nº 40	18	18	28				
Nº 60	14	12	20				
Nº 100	12	10	15				
Nº 200	8	8	10				
PESO ESPECÍFICO gr./cm ³			2.42				
Características de la Mezcla		Del Proveedor	Características del Espectro		Específica	Características del Asfalto	
Cont. de Asfalto en Mezcla %	5.32	0.1 a 0.8	P. E. Kg/MP	2.143	---	Tipo	AC - 20
Cont. de Asfalto en Mezcla %	5.32	---	Estabilidad Kg	1.348	700 MIN.	Penetración	---
Índice	---	---	Flujo en mm.	3.07	2 a 4	Viscosidad	---
Tipo	AC-20	AC-20	Vacíos %	4.75	3 a 8	Temp. recom.	---
Caridad %	---	---	V.A.M. %	18.44	14 Min	Temp. aplicada °C	---
Aflicidad	BUENA	BUENA					
Observaciones:							
<p>EL CAMIONERO CONTROL DE CALIDAD CECBA SUPERVISOR DE PRODUCCION CONSECUTIVO NO. 000</p> <p>ING. JUAN CARLOS ALVAREZ R. ING. OSCAR RAMOS CONTROL DE ENTREGA. MAYO-04</p>							
REFERENCIAS: ICT LIBRO 4 Y 8	ING. JUAN CARLOS ALVAREZ R. NOMBRE Y FIRMA		ING. OSCAR RAMOS NOMBRE Y FIRMA		SUPERVISOR DE PRODUCCION CONSECUTIVO NO. 000 FORMATO NO. LANBEO-05 CONTROL DE ENTREGA. Mayo-04		

Para el control de tendido de mezcla asfáltica se lleva un registro de viajes de mezcla asfáltica que llega al frente de tiro (figura 4.13).



Control de tendido de mezcla asfáltica.
Registro de estaciones al inicio y al final del tendido, así como, el avance de cada viaje.

Figura 4.13

Durante el tiempo que dura el tendido (suministro de mezcla asfáltica al frente), se lleva el registro de temperaturas de llegada, tendido y compactación (Figuras 4.14 y 4.15).

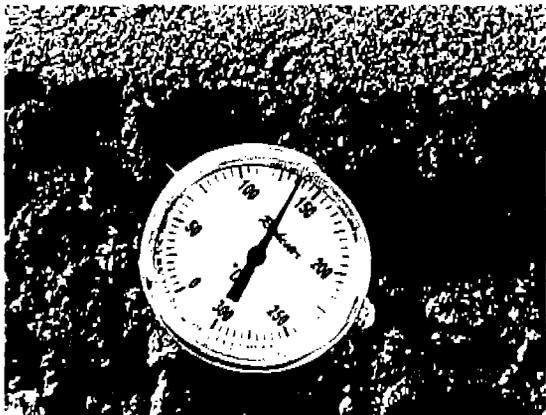


Figura 4.14



Inicio de armado para comenzar la compactación

Figura 4.15a

Proceso de compactación con equipo sobre neumáticos



Figura 4.15b

El registro del tendido se lleva en el formato ilustrado en la figura No. 16.

Figura No. 4.16. Verificación de tendido de mezcla asfáltica.

VERIFICACIÓN DE TENDIDO DE MEZCLA ASFÁLTICA									
Revisión: 2		Fecha de Revisión: 19/04/04				Hoja No. 1000			
FRENTE:		CAMINO DE ACCESO DEFINITIVO				FECHA DE PRUEBA:		17 - Mayo - 04	
UBICACIÓN:		SUB-TRAMO km. 0-000 - 43+000				PROCEDENCIA:		PLANTA DE ASFALTO km. 0-000	
CONSTRUCTORA:		CECSA				PARA USARSE EN:		CONCRETO ASFÁLTICA	
		INICIO		11.00		N.º AM.		TERMINACIÓN	
								20.10	
								N.º P.M.	
								7.0	
CAPA:		UNICA				SUPERIOR DE PROYECTO cm.:		7.0	
PLANTA:		PLANTA DE ASFALTO 0-000				ESPESOR DE LA CAPA SUELTO cm.:		8.5	
VIAJE No.	TEMPERATURAS °C.		DE		A		Y EN TENDIDO		OBSERVACIONES
	AL TENDIDO	AL COMPACTAR	DE INT.	A INT.	OLVERO	CARRIL	ESPESOR SUELTO		
1	180	150	21+415	21+480	UNICO	DERECHO	9		
2	180	120	21+480	21+480	UNICO	DERECHO	9		
3	142	118	21+480	21+827	UNICO	DERECHO	9	REGISTRO LANCÓ No. 63	
4	140	118	21+827	21+882	UNICO	DERECHO	9		
5	138	118	21+882	21+887	UNICO	DERECHO	9		
6	142	115	21+887	21+832	UNICO	DERECHO	9		
7	140	115	21+832	21+887	UNICO	DERECHO	9		
8	144	118	21+887	21+781	UNICO	DERECHO	9		
9	142	110	21+781	21+736	UNICO	DERECHO	9		
10	142	110	21+736	21+781	UNICO	DERECHO	9		
11	138	110	21+781	21+788	UNICO	DERECHO	9		
12	138	110	21+788	21+808	UNICO	DERECHO	9		
13	130	110	21+808	21+831	UNICO	DERECHO	9	REGISTRO LANCÓ No. 64	
14	140	110	21+831	21+882	UNICO	DERECHO	9		
15	132	110	21+882	21+888	UNICO	DERECHO	9		
REFERENCIA:	S. LABORATORIO		CONTROL DE DALEDO			SUPERVISIÓN PYPBA		FOLIO CONSECUTIVO No	
SCT L-3.01	ING. JUAN CARLOS SILVESTRE R. NOMBRE Y FIRMA		ING. ISOLBA BADIARRE NOMBRE Y FIRMA			NOMBRE Y FIRMA		LANCO 14	
SCT L-4.01								FORMATO No.	
SCT L-8.01								LANCO-03	
								CONTROL DE ENTREGA	
								Mayo - 04	

Además de llevar a cabo el registro detallado de cada viaje tal y como se muestra en el reporte anterior (fig. 4.16), el laboratorista previamente hace un levantamiento físico de las condiciones en que se encuentra la capa de base hidráulica. En el reporte en el área de observaciones se apuntan los aspectos más relevantes como son:

Condiciones de limpieza.

Riegos de Impregnación y/o liga (que no existan "lunares" con material asfáltico escaso o encharcado)

Condiciones de textura y/o compactación (que no se aprecien baches o superficies muy desgranadas)

Et.c.

Una vez que se tiene compactada la carpeta asfáltica, se procede a verificar el grado de compactación y permeabilidad de la misma.

La permeabilidad constata en colocar un aro metálico de 30 cm de \varnothing sobre la carpeta asfáltica recién compactada y que se encuentre lo más fría posible (se recomienda hacer esta prueba y la extracción de corazones después de 24 hrs de compactada la carpeta). El aro se fija y sella en su parte inferior mediante plastilina, se coloca al centro del aro un cono metálico que termina en una punta muy aguda (aprox. 2.54 cm de altura). Se vierte agua hasta alcanzar el nivel de la punta del cono metálico y se esperan 10 minutos, al término de este tiempo se verifica si el agua se infiltró a la carpeta, si ese fuera el caso, entonces se rellena el aro al tirante original siendo el agua que se adicione igual al volumen que se infiltró. Por lo tanto ese volumen expresado en por ciento representa la permeabilidad de la carpeta. En la figura No. 4.17 se muestra el reporte de compactación y permeabilidad de carpeta).

Anexo al punto de determinación de permeabilidad se extrae un núcleo de concreto asfáltico el cual debe tener un diámetro de al menos 3 veces el tamaño máximo del agregado. Los núcleos se extraen a cada 200 metros lineales alternados a la izquierda y a la derecha de la corona del camino y a 70 cm de la orilla de la carpeta construida.

Los núcleos extraídos se identifican perfectamente y se almacenan para su transporte al laboratorio donde se les determina su peso volumétrico. Una vez creado el corazón y habiendo efectuado su limpieza, se determina el peso del espécimen, también se determina el volumen mediante el método del peso sumergido. Con estos datos se calcula el peso volumétrico y este dato se compara con el peso volumétrico Marshall determinado durante el control de la producción con lo cual tendremos el grado de compactación de la carpeta asfáltica.

Los huecos que resultan por la extracción de los núcleos, se reparan con mezcla asfáltica compactada.

Actualmente se está empleando con buenos resultados el densímetro nuclear que no es tan agresivo con la carpeta construida.

Capítulo 5. REVISIÓN ESTADÍSTICA DE PARÁMETROS DE CONTROL.

5.1. Calidad de sub-base y base hidráulicas.

Las muestras de material de sub-base y base hidráulica se toman de las capas que el jefe de frente libera para su revisión por parte de laboratorio.

Una vez liberada la capa por parte del personal responsable de la construcción, se procede a tomar la muestra representativa para determinar sus características de granulometría, VRS, expansión, límite líquido, índice plástico y contracción lineal.

Las muestras se toman a cada 200 m alternado el sitio a la izquierda y derecha del camino.

Una vez que el material llega al laboratorio se procede a su secado al sol o en el horno, para determinar en primera instancia peso específico seco suelto. Enseguida, de acuerdo al procedimiento, se toman porciones para las diferentes pruebas como son:

Composición granulométrica.

Valor relativo de soporte y % de expansión.

Límites de consistencia.

Contracción lineal.

Peso volumétrico seco máximo AASHTO estándar.

Todos los registros, cálculos y reportes son de acuerdo al procedimiento del anexo A 2-2. En la figura No. 5.1 se presenta un resumen de resultados de muestras de base hidráulica colocada en las estaciones que se indican entre el mes de abril de 2004.

El comportamiento de las características de calidad más importantes como son VRS, límites de consistencia, contracción lineal y equivalente de arena se presentan en los datos de la misma figura No. 5.1 y en la gráfica de la figuras No. 5.2

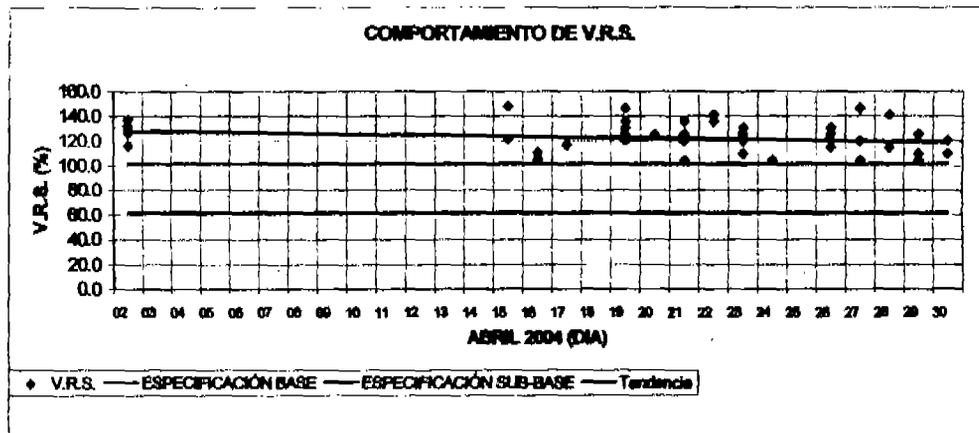
El V.R.S. de las muestras tomadas registran un promedio de 122.2% que es superior al límite especificado de 102%, (valores referidos a la carga estándar de 1360 kg y expresados en %) cabe mencionar que el material es el mismo que se utiliza para la construcción de la capa de sub-base y base hidráulica. Podemos notar que aunque no existe una especificación respecto a la desviación estándar, al establecemos límites de control de promedio \pm desviación estándar, estamos en condiciones de garantizar una calidad en este rubro dentro de especificaciones para el límite más estricto que es para la base hidráulica (ver figuras 5.1 y 5.2).

Figura No. 5.1 Resumen de resultados de calidad de base hidráulica.

ESTADISTICO DE MUESTRAS DE CALIDAD DE BASE HIDRAULICA

Fecha	Muestra No.	Rm	Franje	VRS	Expansión	LL	IP	CL	Eq. Arena
Unidad				%	%	%	%	%	%
02/04/2004	381	11+600	Der	132.1	0.00	23.9	NP	1.1	58.6
02/04/2004	382	11+600	Der	118.3	0.02	26.8	NP	1.1	54.8
02/04/2004	383	12+000	Der	137.4	0.00	22.0	NP	0.8	56.2
02/04/2004	384	12+200	Der	126.8	0.02	25.8	NP	1.0	48.8
15/04/2004	411	12+400	Der	121.9	0.06	26.8	NP	1.8	41.4
15/04/2004	412	12+600	Der	148.0	0.04	24.9	NP	1.8	50.8
15/04/2004	414	13+200	Der	121.6	0.04	26.0	NP	1.8	48.8
15/04/2004	424	13+600	Der	111.0	0.21	23.8	NP	1.0	51.2
15/04/2004	425	13+600	Der	111.0	0.00	23.8	NP	1.8	54.0
16/04/2004	428	13+600	Der	108.0	0.00	24.1	NP	1.8	48.4
16/04/2004	427	14+000	Der	111.0	0.02	26.3	NP	1.1	44.8
16/04/2004	429	14+200	Der	111.0	0.00	24.4	NP	1.8	48.3
17/04/2004	434	14+400	Der	117.0	0.00	22.2	NP	0.8	43.7
19/04/2004	447	14+600	Der	130.7	0.20	24.0	NP	0.0	48.2
19/04/2004	448	14+600	Der	128.8	0.10	24.4	NP	0.8	58.9
19/04/2004	448	15+000	Der	120.3	0.01	24.7	NP	1.1	44.4
19/04/2004	450	15+200	Der	148.3	0.08	24.3	NP	1.3	47.7
19/04/2004	451	15+400	Der	135.8	0.08	26.1	NP	0.7	54.8
20/04/2004	452	15+600	Der	128.2	0.20	24.8	NP	1.1	48.4
21/04/2004	467	16+000	Der	104.0	0.09	26.9	NP	1.4	52.9
21/04/2004	468	16+000	Der	138.9	0.00	26.2	NP	1.3	52.0
21/04/2004	468	16+200	Der	120.3	0.10	26.4	NP	1.0	47.2
21/04/2004	470	16+400	Der	126.5	0.18	24.8	NP	1.4	43.5
23/04/2004	473	16+600	Der	138.9	0.10	23.9	NP	1.20	48.4
23/04/2004	474	16+600	Der	141.2	0.00	26.7	NP	1.70	43.2
23/04/2004	487	17+200	Der	128.8	0.00	23.9	NP	1.21	48.8
23/04/2004	488	17+400	Der	109.8	0.10	26.2	NP	1.80	40.1
23/04/2004	489	17+600	Der	130.7	0.00	26.8	NP	1.40	48.0
23/04/2004	490	17+800	Der	125.5	0.00	28.2	NP	1.40	41.6
23/04/2004	491	18+000	Der	120.3	0.10	28.1	NP	1.30	43.6
23/04/2004	492	18+200	Der	120.3	0.10	24.2	NP	1.12	40.1
24/04/2004	501	18+400	Der	104.6	0.10	24.2	NP	1.08	48.7
26/04/2004	502	18+600	Der	128.8	0.00	24.9	NP	0.00	48.1
26/04/2004	503	18+800	Der	130.7	0.00	26.6	NP	1.00	48.4
26/04/2004	504	19+000	Der	118.0	0.10	26.3	NP	1.13	39.6
27/04/2004	508	19+200	Der	146.4	0.00	23.9	NP	1.33	60.3
27/04/2004	508	19+400	Der	120.3	0.10	24.5	NP	0.90	38.0
27/04/2004	507	19+600	Der	104.6	0.10	28.2	NP	0.20	38.3
28/04/2004	516	19+800	Der	141.2	0.10	22.9	NP	1.00	50.0
28/04/2004	517	20+000	Der	118.0	0.10	24.0	NP	0.90	54.2
28/04/2004	532	20+200	Der	109.8	0.10	26.4	NP	1.20	50.6
28/04/2004	533	20+400	Der	109.8	0.10	23.9	NP	1.10	48.7
29/04/2004	534	20+600	Der	109.8	0.10	23.8	NP	0.90	51.2
29/04/2004	538	20+800	Der	126.5	0.00	23.8	NP	1.10	49.6
29/04/2004	538	21+000	Der	104.6	0.10	24.6	NP	1.19	51.7
30/04/2004	559	21+200	Der	120.3	0.00	22.1	NP	1.30	43.8
30/04/2004	560	21+400	Der	109.8	0.00	22.0	NP	1.31	48.1
N	47								
Especificación				102% mínimo	3.00 máximo	30% máximo	no aplica	4.6% máximo	30% mínimo
Promedio				122.2	0.1	24.5		1.1	47.7
Mínimo				104.0	0.0	22.0		0.0	38.0
Máximo				148.0	0.2	28.8		1.7	58.9
Desv. Estánd				12.10	0.06	1.00		0.38	4.83
Coef. De Variación				0.0960	1.0119	0.0410		0.3363	0.1012

Figura No. 5.2.- Grafico de comportamiento V.R.S.



Un análisis similar se puede hacer para los parámetros complementarios que son límite líquido, contracción lineal y equivalente de arena con los datos de la fig. No 5.1

5.2. Compactación de sub-base y base hidráulica.

La compactación de la capa de sub-base y base hidráulica se determina con el método de cono y arena (también conocido como cono y placa). Los resultados que se obtienen son satisfactorios y se puede mencionar que paralelamente se realizan determinaciones con un densímetro nuclear obteniéndose las siguientes gráficas de correlación para determinar un factor de corrección para la humedad y otro para el peso volumétrico de lugar (figura No. 5.3 y figura No. 5.4)

Figura 5.3. Factor por humedad.

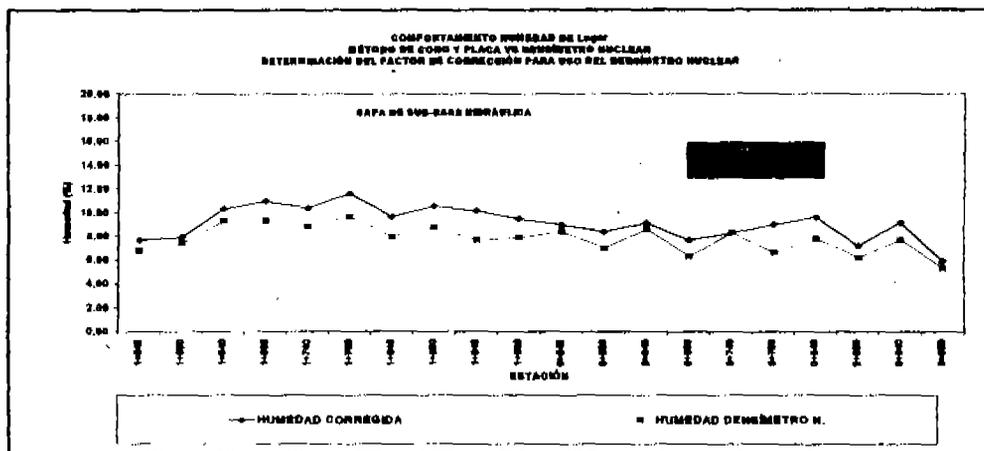
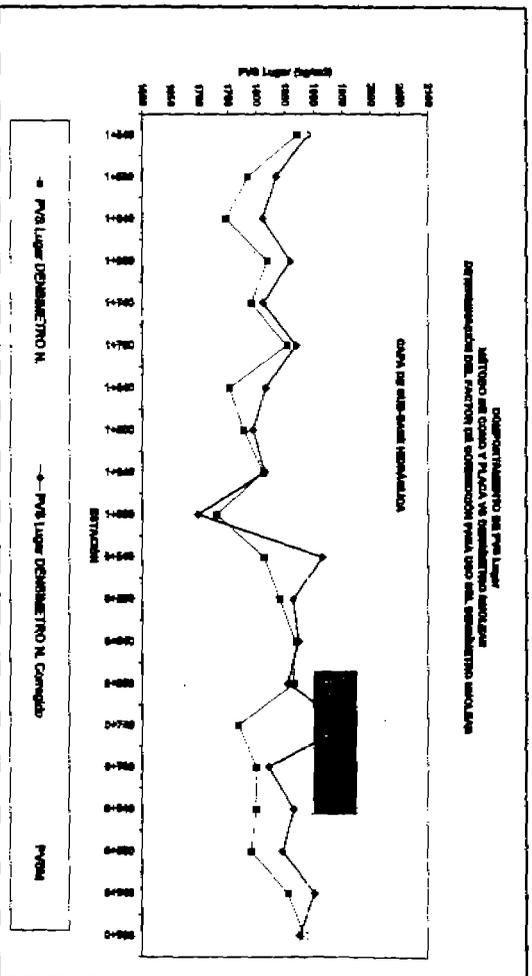


Figura 6.4. Factor peso específico.



El grado de compactación así como, la calidad de cada una de las muestras se llevan a un lenguaje de avernos que se actualiza constantemente para detectar rápidamente alguna desviación en cuanto a estadones tablas de muestra. Ese lenguaje se muestra en el anexo A-6-1.

Las determinaciones de grado de compactación que sirven para generar y seguir los trabajos ejecutados, se integran en el reporte respectivo de acuerdo a la figura No 4.8 que se mostró en el capítulo 4.

El grado de compactación es la relación del peso volumétrico del lugar entre el peso volumétrico máximo determinado mediante la prueba de compactación fijada en el proyecto, esta relación expresada en forma porcentual debe ser al menos el 95% para la capa de sub-base y de 87% para la capa de base hidráulica.

Cuando se da el caso de no alcanzar el grado de compactación, se procede a recompactar la capa en el sub-tramo que presenta la anomalía.

El peso volumétrico seco máximo (P.V.S.M.) que se emplea para determinar el grado de compactación corresponde en cada tramo revisado el resultado de la prueba de compactación AASHTO estándar que se hace en el laboratorio al material producido de muestra durante el proceso de producción y/o al material muestrado en la capa que se revisa. Por lo tanto, los valores de P.V.S.M. cambian constantemente durante el proceso de liberación de sub-tramos. En

la figura No 5.5 se ejemplifica lo mencionado al comparar con el reporte de sub-base de la figura 4.8 del capítulo 4.

Figura 5.5.- reporte de compactaciones en capa de base hidráulica.

Proyecto Hidroeléctrico "El Cajón"			SP-DP-LAB-PRO-0016 r01 A.7				
Pruebas en Terracerías Subbase y Base para Pavimentos			Sistema de Gestión				
REPORTE DE COMPACTACIONES							
Revisión: 1ª		Fecha de revisión: 31/08/03			Elaboro: VCH		
FRETE: CAMPO DE ACCESO DEFINITIVO			FECHA DE PRUEBA: 28-Abr-04		REVISOR: REVISOR		
UBICACIÓN: SUB-TRAMO km. 7+289 - 42+700			CAPA:		CONO Y PLAGA		
MUESTRA:			MÉTODO DE PRUEBA:		MATERIAL:		
PROCEDENCIA DEL MATERIAL:			ESTABILIZADOR:		GRAVA CONTROLADA		
No. DE ENBAYE	LOCALIZACIÓN	PROFUNDIDAD DEL BONDEO, cm	PESO VOLUMÉTRICO, kg/m³		HUMEDAD %		% DE COMPACTACIÓN
			MÁXIMO	DEL LUGAR	ÓPTIMA	DEL LUGAR	
CAPA DE BASE km. 19+000 - 20+200 FRAMA REDONDA							
3266	19+900 I	15.0	1,920	1,876	13.0	13.8	97.7
3268	19+920 C	15.0	1,920	1,898	13.0	13.2	97.3
3270	20+000 I	15.0	1,920	1,902	13.0	14.0	96.1
3271	20+020 C	15.0	1,920	1,882	13.0	13.4	96.0
3272	20+100 I	15.0	1,920	1,893	13.0	13.3	97.0
3273	20+120 C	15.0	1,920	1,867	13.0	14.3	97.2
3274	20+200 I	15.0	1,920	1,878	13.0	13.8	97.7
3276	20+220 C	15.0	1,920	1,875	13.0	13.9	97.6
CAPA DE BASE km. 19+000 - 20+000 FRAMA DERECHA							
3276	19+840 D	15.0	1,920	1,910	13.0	12.8	96.6
3277	19+860 D	15.0	1,920	1,882	13.0	12.7	96.0
3278	19+940 D	15.0	1,920	1,876	13.0	13.0	97.8
3279	19+140 D	15.0	1,920	1,867	13.0	12.6	97.2
3280	19+240 D	15.0	1,920	1,904	13.0	12.8	99.2
3281	19+340 D	15.0	1,920	1,927	13.0	13.4	100.4
3282	19+440 D	15.0	1,920	1,886	13.0	12.6	96.2
3283	19+540 D	15.0	1,920	1,872	13.0	12.9	97.9
3284	19+640 D	15.0	1,920	1,901	13.0	12.3	99.0
3285	19+740 D	15.0	1,920	1,880	13.0	12.8	98.4
3286	19+840 D	15.0	1,920	1,908	13.0	12.8	99.3
3287	19+940 D	15.0	1,920	1,983	13.0	13.6	98.6
3288	20+040 D	15.0	1,920	1,879	13.0	12.8	97.9
ESPECIFICACIÓN							97%
OBSERVACIONES: LOS VALORES OBTENIDOS CUMPLE CON EL % ESPECIFICADO DE PROYECTO							
REFERENCIAS: ABTM D-2022 ECT L-4, L-5	LUGAR		FECHA DE EMISIÓN		FOLIO CONSECUTIVO		
	SANTA MARIA DE ORO		30-ABR-04		No.		
	LABORATORIO LANCO	CONTROL DE CALIDAD CIISA	SUPERVISIÓN QPYPBA		FORMATO No.		
	ING. JUAN CARLOS SILVESTRINI	ING. FROU BADI BANI			PHC-70		
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA			CONTROL ARCHIVO:

5.3. Calidad de Materiales Asfálticos.

Los materiales asfálticos que se usan son los siguientes:

- Emulsión catiónica de rompimiento medio o de baja viscosidad del rango RL1-50.
- Emulsión catiónica de rompimiento rápido de rango 60 (RR-60)
- Cemento asfáltico tipo AC-20.

Las emulsiones se producen en el estado de México y llegan al sitio de obra en pipas. El cemento AC-20 es procedente de la refinería de Salamanca.

Durante el proceso de riegos de impregnación de liga se muestrean los materiales asfálticos de los cuales se tienen los resultados siguientes (figuras No. 5.6, figura No. 5.7 y figura No. 5.8)

Figura 5.6.- Material asfáltico para riego de impregnación

ESTADÍSTICO DE EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROMPIMIENTO MEDIO RLI-60									
PRUEBA O ANÁLISIS	Viscosidad Reybol A una $t = 25^{\circ}\text{C}$	Residuo de la destilación	Asestamiento en 5 días (diferencia)	Retenido en tamiz No. 20	Plasticidad con cemento portland	Carga de la partícula	PH máximo	Efectividad en volumen	
Método	seg.	(%) peso	(%)	(%)	(%)	-	-	(%)	
	ASTM	ASTM	ASTM	ASTM	ASTM	ASTM	ASTM	ASTM	
	244/99	244/99	244/99	244/99	244/99	244/99	244/99	244/99	
	20-100	87.0 máximo	3 máximo	0.10 máximo	3 máximo	positiva	3.11	3 máximo	
POLI	008	22	87.0	3.0	0.008	1.1	positiva	3.28	0
	009	21	87.2	2.9	0.008	1.1	positiva	3.30	1
	011	21	87.0	2.7	0.017	1.18	positiva	3.20	3
	013	21	87.1	3.0	0.014	1.3	positiva	3.28	3
	016	20	87.4	3.0	0.034	1.28	positiva	3.10	2.8
	018	21	87.0	2.7	0.011	1.28	positiva	3.22	3
	020	21	87.2	2.7	0.025	1.63	positiva	3.32	3
	021	20	87.0	2.4	0.010	1.74	positiva	3.07	3
	023	21	87.1	2.8	0.012	1.57	positiva	3.13	3
	024	21	87.0	2.9	0.014	1.60	positiva	3.08	3
	027	22	87.2	3.0	0.018	1.71	positiva	3.04	3
	028	21	87.0	2.4	0.023	1.64	positiva	3.10	3
	029	21	87.0	2.3	0.023	1.64	positiva	3.19	3
	031	20	87.1	2.4	0.026	1.72	positiva	3.14	3
	033	21	87.2	2.2	0.018	1.72	positiva	3.11	3
	Media	21.13	87.09	2.7	0.01	1.60		3.18	2.79
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	1.19	0.09	0.27	0.01	0.24		0.18	0.77	
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	0.0562	0.00	0.10	0.43	0.16		0.04	0.28	

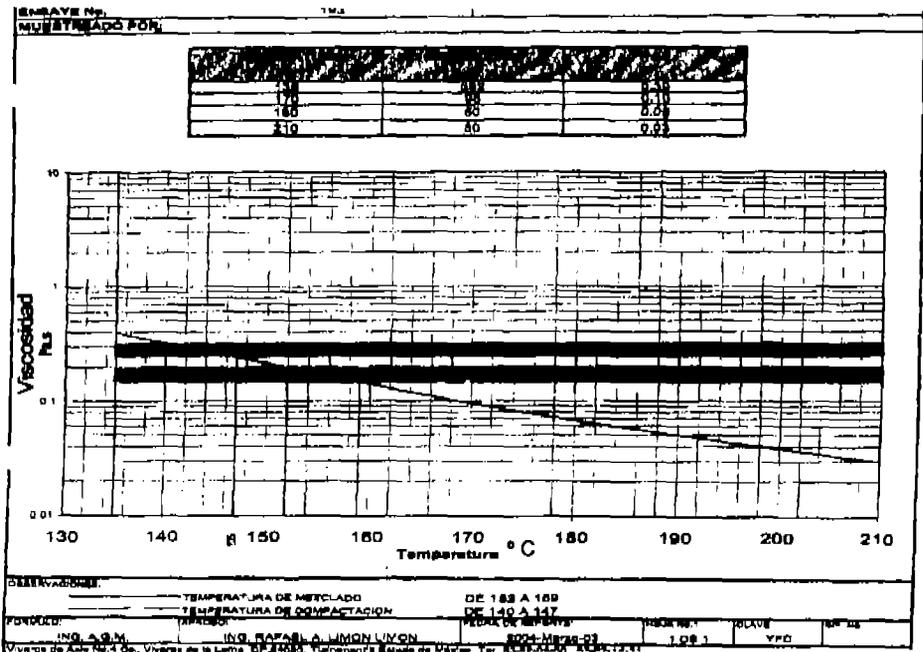
Esta tabla continúa en la siguiente página.

Como se puede observar en los resultados de promedio y desviación estándar, los valores obtenidos satisfacen los requisitos de calidad que especifica el cliente CFE.

Para el caso del material asfáltico tipo AC-20 que se emplea en la elaboración de mezcla asfáltica en caliente, este material procedente de Salamanca, Guanajuato, presenta características de calidad dentro de los límites especificados. La utilización del producto se realizó de acuerdo a las recomendaciones del laboratorio.

Una recomendación es que se caliente para mezclarlo a una temperatura entre 152 y 159 °C y que la compactación de la mezcla asfáltica se ejecute dentro de un rango de 140 a 147 °C. Estos datos resultan de la curva de viscosidad-temperatura del material asfáltico que se muestra en la figura No. 5.8.

Figura 5.8.- Temperaturas de trabajo de material AC-20.



Los resultados de calidad d material AC-20 se resumen el la figura No. 5.9. De estos datos se puede concluir que los valores obtenidos para cada uno de los parámetros de control, cumplen con la especificación respectiva.

También se puede observar que al ensayar el residuo de la película delgada los valores de viscosidad a 60°C se incrementa en un 75 % en promedio. Este dato por si sólo, anuncia un envejecimiento del asfalto, sin embargo, no lo es del todo debido a que el límite máximo permitido es de 10,000 poises y además se tiene que la ductilidad que se registra es de >150 cm contra 50cm especificada como mínima. Por lo tanto los valores demuestran que el producto asfáltico con el que elabora la mezcla es de la calidad deseada.

Figura No. 5.9. resumen de características de calidad del AC-20.

MATERIAL ASFÁLTICO TIPO AC-20

PRUEBA DE ANÁLISIS	Viscosidad a 60°C	Viscosidad a 135°C	Temperatura de inflamación	Penetración A 25°C, 100gr, 5s	Solubilidad en Tricloroetileno	Viscosidad a 60°C(*)	Ductilidad a 25°C(*)
UNIDADES	Poises	poise	°C	1/10mm	(%)	Poises	cm
MÉTODO	ASTM D 2171/94	ASTM D 2170/95	ASTM D 92-98	ASTM D 05-87	ASTM D 2042/97	ASTM D 2171/94	ASTM D 113/99
ESPECIFICACIÓN	1600/2400	300 min	232 min	60 min	99 min	10000 max	50 min
67	2399	451	322	60	99.98	4484	>105
68	2119	733	314	66	99.98	4696	>105
66	1991	472	332	76	99.97	4788	>105
67	2310	437	322	70	99.98	4619	>105
69	2108	451	322	75	99.98	4083	>105
69	1983	597	326	63	99.98	3436	>105
125	2245	1377	330	70	99.99	3522	>105
126	2086.8	462.1	330	74	99.98	3301	>105
127	1830	421	326	81	99.97	3267	>105
128	2329	407	328	70	99.97	3234	>105
129	2377	369	350	85	99.99	3996	>105
130	2203	421	324	64	99.98	3331	>105
131	2245	520	324	66	99.98	3639	>105
132	2072	481	334	73	99.99	3128	>105
133	2368	607	324	65	99.99	3078	>105
133	1931	499	324	66	99.97	2536	>105
134	1964	514	320	65	99.99	3768	>105
135	2109	558	324	72	99.99	4766	>105
134	1825	475	324	66	99.98	2742	>105
MEDIA	2115.52	550.11	326.32	68.79	99.98	3720.79	
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	176.26	215.82	7.31	5.31	0.01	701.36	
MÁXIMO	1998.35	528.11	310.40	66.06	94.72	3470.38	
MÍNIMO	1958.73	521.06	309.26	65.53	94.44	3401.03	

(*) AL RESIDUO DE LA PÉLICULA DELGADA

Figura No. 5.11.- Graficas de comportamiento de valores que arroja la prueba de Marshall.

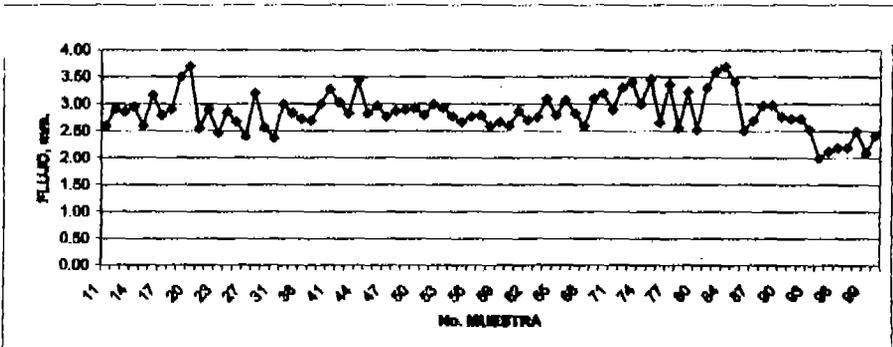
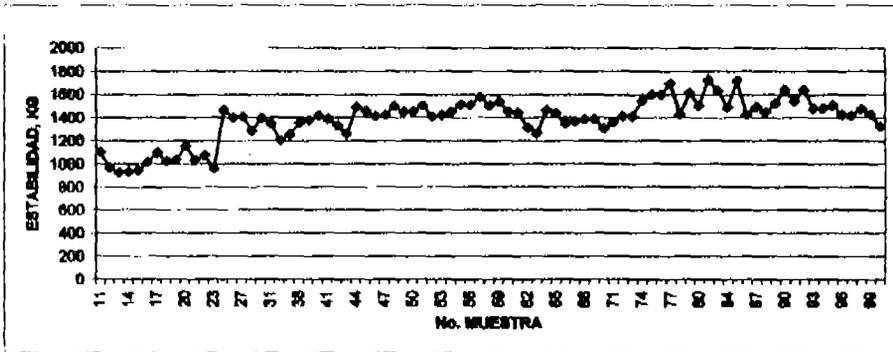
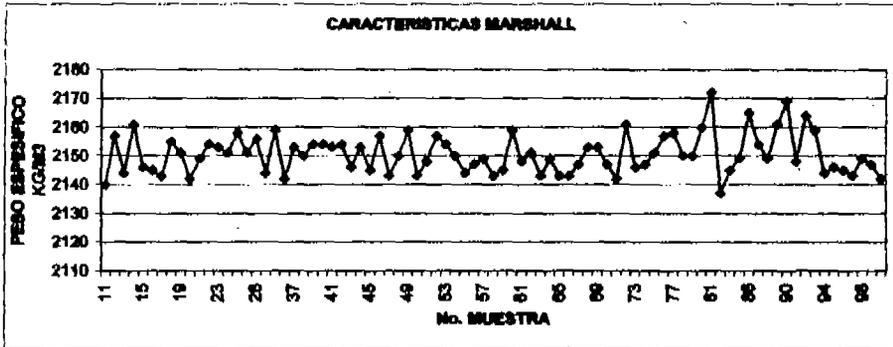
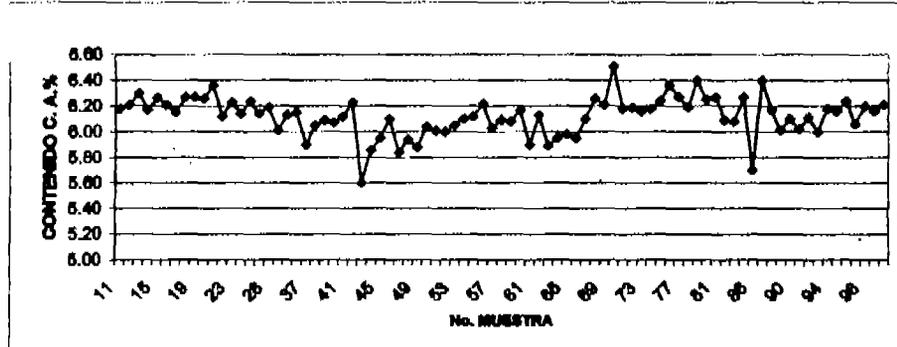
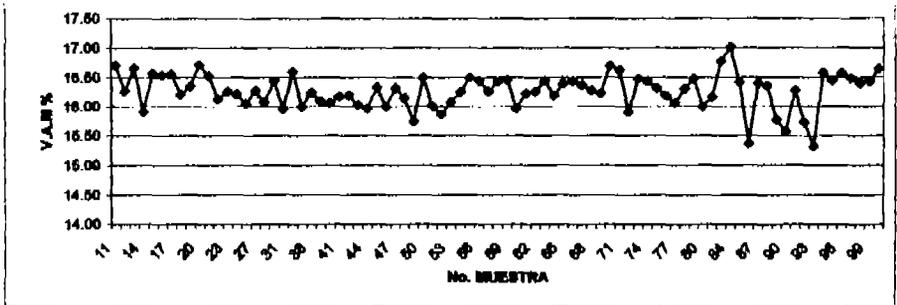
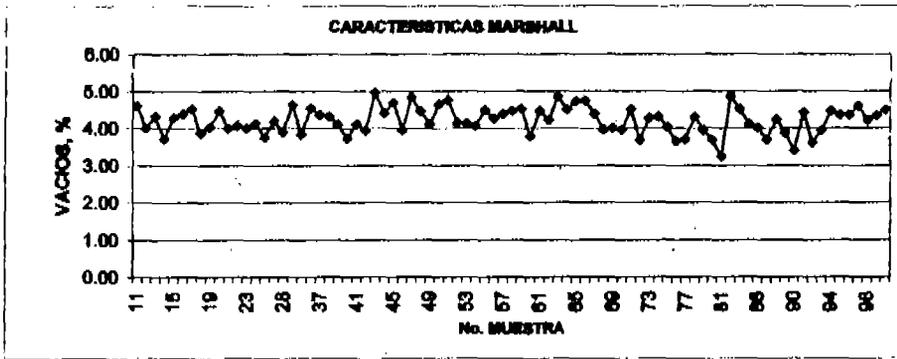


Figura No. 5.11 (continuación).- Graficas de comportamiento de valores que arroja la prueba de Marshall.



5.5. Compactación de carpeta asfáltica.

La compactación de la carpeta asfáltica se revisa para corroborar que el trabajo de control de producción, tendido y con un buen procedimiento de construcción, se tienen resultados satisfactorios dentro de las especificaciones establecidas en el proyecto.

La extracción de núcleos de concreto asfáltico se lleva a cabo en tramos terminados al 100% aunque se puede por urgencia de resultados hacer pruebas en la franja construida y posteriormente regresar a muestrear mediante núcleos la franja complementaria.

La actividad se lleva a cabo con equipo de extracción con broca circular de diamante con diámetro de al menos 3 veces el diámetro del tamaño máximo del agregado. El espesor es el total de la capa construida.

A la par se realizan las pruebas de permeabilidad de la carpeta.

Los resultados se muestran en la figura No. 5.12 y de ellos se puede hacer los siguientes comentarios.

El grado de compactación y la permeabilidad determinados mediante las pruebas correspondientes, cumplen con los requisitos especificados. Se puede observar como la permeabilidad se mantiene en 0% en el 100% de las pruebas que se muestran. El grado de compactación de proyecto es mínimo el 95% del P.V. Marshall determinado mediante pruebas de laboratorio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las capas que conforman el pavimento son la sub-base, la base hidráulica y la carpeta asfáltica estas capas se apoyan en la capa de subrasante que es la última capa de las terracerías misma que por especificación se constituye con materiales de buena calidad, en un espesor de 30 cm compactados al 95% de su P.V.S.M. Según la prueba de compactación dinámica AASHTO estándar.

El control de calidad como parte integrante de los sistemas de aseguramiento de calidad y de gestión, lleva implícita la responsabilidad de cumplir y hacer cumplir todos los procedimientos aplicables para que las obras se cumplan en tiempo y forma a un costo real, esto es, si la etapa que se está controlando requiere de una mayor inversión de recursos no considerados en el presupuesto inicial, con base a las recomendaciones que emanen del control de calidad, tendrá las bases par justificar recursos adicionales, sin que esta nueva inversión se considere como costo adicional y al por el contrario tendrá que aceptarse la omisión voluntaria o involuntaria de ciertos conceptos necesarios para tener una obra con la calidad deseada dentro de las especificaciones establecidas.

Es recomendable que en todas las obras por muy pequeñas que aparenten ser, se ejecute el control de calidad. El control de calidad se debe aceptar como parte integral de una forma de vida. Al tener el nivel de calidad deseado, se tiene para todos el bienestar que da seguridad y a su vez se incrementa la sensación de bienestar.

En la obra del camino de acceso al P.H. El Cajón, en el estado de Nayarit, se tiene actualmente construido el pavimento quedando pendiente la colocación de sello de la carpeta. El sello se tendrá que colocar a más tardar en el año de 2006. Previamente a la recepción de los trabajos que será en el año 2007.

Mientras tanto esta se considera una obra viva, toda vez que el mantenimiento del camino esta a cargo de la empresa que construye la Central Hidroeléctrica.

GLOSARIO

Pavimento.- Estructura conformada por capas de materiales tratados previamente y que están construidas en espesores y características de calidad previamente definidas. En términos generales, se integra por la capa de sub-base, la capa de base hidráulica y la carpeta asfáltica alojadas entre las líneas imaginarias de subrasante y la rasante.

Terracería.- Capas de materiales que en general son compensaciones de cortes y terraplenas que se encuentran proyectadas o construidas por debajo de la línea imaginaria de subrasante.

Control.- Conjunto de métodos y procedimientos para garantizar que no habrá desviaciones en el proceso de producción o construcción.

Calidad.- Atributos de un bien o servicio que provocan sentimiento de satisfacción al cliente

Muestreo.- Actividad en la que interviene personal de laboratorio bien entrenado y con conocimiento pleno del procedimiento adecuado.

Procedimiento.- Conjunto de pasos o instrucciones que siguiéndolos se garantizan resultados satisfactorios.

Compactar.- Acto de reducir el espesor de una capa mediante la aplicación de una energía mecánica o estática.

Lavado.- Prueba que mediante una sustancia líquida sirve para quitar impurezas de una muestra. En terracerías se utiliza agua para eliminar finos en malla 200. En mezclas asfálticas se utiliza un solvente (tricloroetileno), para eliminar el residuo asfáltico.

Plasticidad.- Plásticidad es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto límite, sin romperse. Por medio de ella se mide el comportamiento de los suelos en todas las épocas. Las arcillas presentan esta propiedad en grado variable. Para conocer la plasticidad de un suelo se hace el uso de los límites de Atterberg.

Límite Líquido.- El límite líquido se define como el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico. De esta forma, los suelos plásticos tienen en el límite líquido una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte y según Atterberg es de 25 g/cm². Para determinar el límite líquido de un suelo se hace el siguiente procedimiento.

Límite Plástico.- Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra secada al horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico.

Contracción Lineal.- Se determina mediante la medición de la longitud de un mismo prisma de suelo, hasta que ya no se observe disminución alguna. La muestra se toma de material en su límite líquido y se moldea, se seca la muestra y se mide la diferencia de longitud expresada en % (todo esto de acuerdo al procedimiento indicado en 7.3.3 del anexo A2-2)

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- **La ingeniería en las vías terrestres tomos 1 y 2. Rico Rodríguez**
- 2.- **Mecánico de suelos tomo 1. Juárez Badillo, Rico Rodríguez**
- 3.- **Diseño y construcción de Pavimentos. Control de calidad. Alfonso Rico Rodríguez. División de educación continua, Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M. Junio 1987.**
- 4.- **Memorias de construcción y laboratorio de control de calidad del P.H. El Cajón, Nay.**

Referencias:

- I.- www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/normascalidad.htm
- II.- www.universidadgablerta.edu.mx
- III.- **Annual Books of ASTM Standards. Construction. Section 4. Volume 04.03**
- IV.- **Normas para Construcción en Instalaciones y Normas de Calidad de los Materiales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT 1987).**

ANEXOS

ANEXO A1

**BITACORA DE IDENTIFICACIÓN, CONTROL Y CALIBRACIÓN DE EQUIPO
DE MEDICIÓN Y PRUEBA.**

BITACORA DE IDENTIFICACIÓN, CONTROL Y CALIBRACIÓN DE EQUIPO DE MEDICIÓN Y PRUEBA

No.	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	IDENTIFICACIÓN	PROVEEDOR O FABRICANTE	CAPACIDAD			CALIBRACIÓN VERIFICACIÓN	FECHA DE ADQUISICIÓN	ESTATUS	FECHA DE CALIBRACIÓN		FECHA DE VERIFICACIÓN		FECHA DE INVENTARIO	CANTIDAD
				MOEDA	INTERVALO	SENSIBILIDAD				ACTUAL	PRÓXIMA	ACTUAL	PRÓXIMA		
1	Carrilla y pala	MC-01	TRUPPER				NO APLICA	AB-85	NUEVO	—	—	—	—	—	2
2	Recipiente PV de 10 L	PVC-01 a 02	FRISA	10 lb	—	—	CALIBRACIÓN	AB-03	NUEVO	May-85	May-04	—	—	—	2
3	Regla metálica enrazadora	RMS-01	FRISA	39 pul.	—	—	NO APLICA		USADO	—	—	—	—	—	1
4	Balanza electrónica capacidad de 100 kg ± 100g	BEC-01		109 kg	50 a 1 kg	100 g	VERIFICACIÓN		NUEVO	—	—	—	—	—	1
5	Estufa de gas de 2 quemadores, c/2 tanques	EG-01 a 02		—	2	Quemadores	NO APLICA		USADO	—	—	—	—	—	2
6	Charola redonda de 30 cm de Ø	CH-01 a 18	FRISA	30 pul.	—	—	NO APLICA	—	USADO	—	—	—	—	—	18
7	Charola de 40x80 cm	CHC-01													1
8	Jgo. probetas de 1000, 100 y 50 mL	PP-01 a 04	GM	0 DE 60	2 DE 100	2 DE 1000	VERIFICACIÓN	—	USADO	—	—	May-85	Nov-85	—	1
9	Termómetro Bimetalico a 50 °C/ 0.5°C														6
10	Balanza Métricas capacidad de 120 kg ± 100g	BM-01	ORIN	130 kg	10010g	100 g	VERIFICACIÓN	—	NUEVO	—	—	AB-03	Oct-03	—	2
11	Vernier de 300 ± 0.01 mm														1
12	Regla metálica de 300 mm graduada (Qta 665)	RMS-01													1
13	Termómetro bimetalico de 0 a 250 °C ± 2°C	TBA-01													1
14	Extracción de correas	EC-01	NEWKOR	300 mm	—	—	—	—	USADO	—	—	—	—	May-85	1
15	Broca de diamante con adaptador de 3 1/4"	MDA-01 a 02													1
16	Planta de luz portátil	PPL-01	COLEMAN	8 HP	—	—	—	—	USADO	—	—	—	—	—	1
17	Jgo. de pala, pico, ions, escobeta.	JPLS-01	GM												1
18	Horno eléctrico, conexión forzada	HECF-01													0
19	Jgo. cuba 30 cm Ø: 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 4 CH y 1"	MA30-01 a 10													1
20	Criba de 20 cm Ø: No. 200 plavado	MA20-08 a 11	FRISA	20 cm Ø	—	—	VERIFICACIÓN	—	USADO	—	—	May-03	Nov-85	—	3
21	Agitadores de mallas/garantizados/arena	AM-01													6
22	Pionómetro de línea	PL-01	FRISA	8 lb	—	—	NO APLICA	—	USADO	—	—	—	—	—	1
23	Equipo partículas tejadas/alargadas act	SPLA-01	FRISA	20 pul.	—	—	VERIFICACIÓN	—	NUEVO	—	—	May-85	Nov-03	—	1
24	Balanza 2810 g mínimo/aprox. de 0.1 g	B2810-01 a 02	ORIN	2810 g	80 - 2000	0.1	VERIFICACIÓN	—	USADO	—	—	AB-85	Mar-85	—	2
25	Balanza 20 kg mínimo/aprox. de 1 g	B20-01													6
26	Charolas de 40 x 40 cm	CH40-01 a 08	FRISA	40 pul.	40 pul.	—	—	—	NUEVO	—	—	—	—	—	18
27	Canasta para peso sumergido	CPB-01	FRISA	5 lb	—	—	—	—	USADA	—	—	—	—	—	1
28	Recipiente para PV de 2.8 L	RPV-03		2.8 lb											6
29	Recipiente para PV de 14 L	RPV-04	FRISA	14 lb	—	ABSORCIÓN	—	—	USADA	—	—	May-03	May-04	—	1
30	Balanza electrónica de 10,000 ± 0.10 g	BE10-01		10000 g	100-6000	0.10 g	CALIBRACIÓN	—	USADA	—	—	May-03	May-04	—	6

BITACORA DE IDENTIFICACIÓN, CONTROL Y CALIBRACIÓN DE EQUIPO DE MEDICIÓN Y PRUEBA

Nº	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	IDENTIFICACIÓN	PROVEEDOR O FABRICANTE	CAPACIDAD			CALIBRACIÓN VERIFICACIÓN	FECHA DE ADQUISICIÓN	ESTATUS	FECHA DE CALIBRACIÓN		FECHA DE VERIFICACIÓN		FECHA DE MANTENIMIENTO	CANTIDAD
				MÚLTIPLA	INTERVALO	SENSIBILIDAD				ACTUAL	PRÓXIMA	ACTUAL	PRÓXIMA		
1	Equipo de impurezas orgánicas	BD-01													1
2	Criba 20 cm Ø: No. 8, 6/16", 5/6", 11/4", sanidad	CB-01 a 04	FICSA	20 cm Ø	---	---	VERIFICACIÓN	---	USADO	---	---	May-03	Nov-03	---	1
3	Juego recipientes/sumergido muestras Sanidad	JRS-01 a 10													1
4	Mazo de madera de 1 kg	MM-01	HICHERO												1
5	Jgo. criba 20 cm Ø: 64, 96, 28, 40, 68, 90 CH y T	MASB-10 a 18	FICSA	20 cm Ø	---	---	VERIFICACIÓN	---	USADO	---	---	May-03	Nov-03	---	8
6	Balanza 310 g mínimo/aprox. de 0.01 g	BMB-01	OMAU	300 g	5-289	0.01 g	VERIFICACIÓN	---	USADO	---	---	Abr-03	Nov-03	---	1
7	Copa Casagrande cmaruradoras	CC-01	FICSA				VERIFICACIÓN	---	NUEVO	---	---	May-03	Nov-03	---	1
8	Cápsula de porcelana opción	CP-01 a 08	FICSA												2
9	Molde para contracción lineal	NCL-01 a 10	FICSA	100 mm	---	30 x 20 mm	VERIFICACIÓN	---	USADO	---	---	May-03	Nov-03	---	10
10	Vidrios de reloj	VR-01 a 10													10
11	Esférulas flexibles y de hoja	EF-01 a 04	FICSA												4
12	Cápsulas de aluminio	CA-01 a 06	FICSA	5 cm Ø											30
13	Equipo para equivalente de arena	EA-01	FICSA				VERIFICACIÓN	---	USADO	---	---	May-03	Nov-03	---	1
14	Recipientes para índice de durabilidad	RD-01													6
15	Molde Porter-VRS	MPVR-01 a 12	FICSA	100 mm	---	---	VERIFICACIÓN	---	USADO	---	---	May-03	Nov-03	---	12
16	Juego de piezas de 6 kg	PI-01 a 12	FICSA												12
17	Triplé	T-01 a 12	FICSA												12
18	Coladera	C-01 a 12	FICSA												12
19	Extensómetro cámara de 17"aprox. 0.01 mm	ET-01 a 06													6
20	Presas Porter-VRS 60/5/5 t (3 macrometros)	PP-01	DAV	29 ton	5 ton	5.5 ton	CALIBRACIÓN	---	USADO	Abr-03	Abr-04	---	---	---	1
21	Jgo. criba 20 cm Ø: No. 20 y 30, CH y T	CCB-01 a 02													1
22	Jgo. Probeta Vidrio de 1000, 500, 100 y 50 mL	Pv-01 a 04													4
23	Cono y placa p/compresión "Inellu"	CP-01	FICSA				VERIFICACIÓN	---	NUEVO	---	---	---	---	---	1
24	Recipientes para PV de 5 L	RPV-06	FICSA	5 lit			VERIFICACIÓN	---	USADO	May-03	May-04	---	---	---	1
25	Termómetro 250°C ± 1°C	T250-01 a 03													3
26	Termómetro 100 °C ± 0.5°C	T100-01 a 02													1
27	Termómetro 300°C ± 2°C	T300-01 a 03													6
28	Viscosímetro Saybolt-Furci	VSF-01	FICSA		50 mL		VERIFICACIÓN	---	USADO	---	---	May-03	Nov-03	---	1
29	Pensómetro Universal plastitos	PU-01	FICSA	60		1	VERIFICACIÓN	---	USADO	---	---	May-03	Nov-03	---	1
30	Equipo para punto de reblandecimiento	EPR-01	FICSA				VERIFICACIÓN	---	USADO	---	---	May-03	Nov-03	---	1

ANEXO A2-1

**PROCEDIMIENTO PARA MUESTREO DE AGREGADOS EN BANCO
CLAVE: SP-DP-LAB-PRO-0005-r01**

FORMATO PHC-01 IDENTIFICACIÓN DE MUESTREO EN CAMPO

PROCEDIMIENTO PARA MUESTREO DE AGREGADOS EN BANCO.

(CLAVE: SP-DP-LAB-PRO-0005-r01)

1 OBJETIVO

1.1 Establecer el muestreo de agregados que se utilizan para la investigación preliminar de fuentes potenciales de suministro; el control de los materiales en bancos (agregados y terracerías) en la fuente de abastecimiento

2 CAMPO DE APLICACIÓN

2.1 Este procedimiento aplica a las actividades del laboratorio de campo relacionadas al muestreo de materiales en bancos de abastecimiento o en el sitio de uso.

3 INFORMACIÓN TÉCNICA Y REFERENCIAS APLICABLES

3.1 ASTM D-75 Sampling aggregates.

4 DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA

4.1 MUESTRA SIMPLE. Es la cantidad de material que se extrae de un solo sondeo o tamaño, de una sola vez de la fuente de abastecimiento.

4.2 MUESTRA COMPUESTA. Es la cantidad de material que comprende todas las muestras simples.

4.3 MUESTREO PARCIAL. Es la cantidad de material cuya masa no debe ser menor de mil gramos, y que es obtenida de una muestra simple o compuesta.

4.4 FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE AGREGADOS. Son depósitos fluviales, eólicos, de glaciación, volcánicos, marítimos, lacustres, canteras y almacenes de plantas de procesamiento o fabricación de agregados artificiales.

4.5 BANCOS. Son depósitos de materiales fragmentados que posteriormente fueron cubiertos por otros.

4.6 CUARTEO. Este debe hacerse cuando el volumen es considerable y se requiere una muestra más pequeña que sea representativa para su estudio.

5 RESPONSABILIDADES

5.1 Es responsabilidad del Laboratorista la correcta ejecución de este procedimiento y del supervisor y/o jefe de laboratorio el seguimiento según aplique.

6 ANTECEDENTES

6.1 Para el muestreo de materiales en fuentes potenciales de suministro se debe contar con el plano o croquis de las fuentes de abastecimiento (ubicación del banco), así como los caminos o brechas para su acceso y poblado(s) cercano(s), además de los equipos y aparatos a emplear. Indicación por escrito del responsable del proyecto o su designado.

7 PROCEDIMIENTOS.

7.1 Para el muestreo de materiales en fuentes potenciales de suministro se debe contar con el plano o croquis de las fuentes de abastecimiento (ubicación del banco), así como los caminos o brechas para su acceso y poblado(s) cercano(s), además de los equipos y aparatos a emplear.

7.2. Para el muestreo de materiales en fuentes de abastecimiento y en el sitio de uso, contar con el formato No. PHC-01, equipos y aparatos a emplear, a la mano.

7.3. MUESTREO EN TAJOS A CIELO ABIERTO. (CUANDO EL YACIMIENTO TIENE UN FRENTE DE ATAQUE.)

7.3.1 Tomar muestras simples haciendo canales verticales en el espesor útil, los cuales deben localizarse equidistantes, dependiendo de su separación, homogeneidad y magnitud del yacimiento.

7.3.2 Tomar las muestras simples en cantidades aproximadamente iguales, desde la parte superior hasta la parte inferior de los estratos que lo componen en los diferentes canales.

7.3.3 Mezclar las muestras simples para formar una muestra compuesta de cada estrato, hasta obtener la muestra representativa del yacimiento, ver figura 2.1.

7.3.4 Para evitar contaminación se debe eliminar todo el material de despalme y aquel que haya escurrido sobre el frente.

NIVEL DEL TERRENO

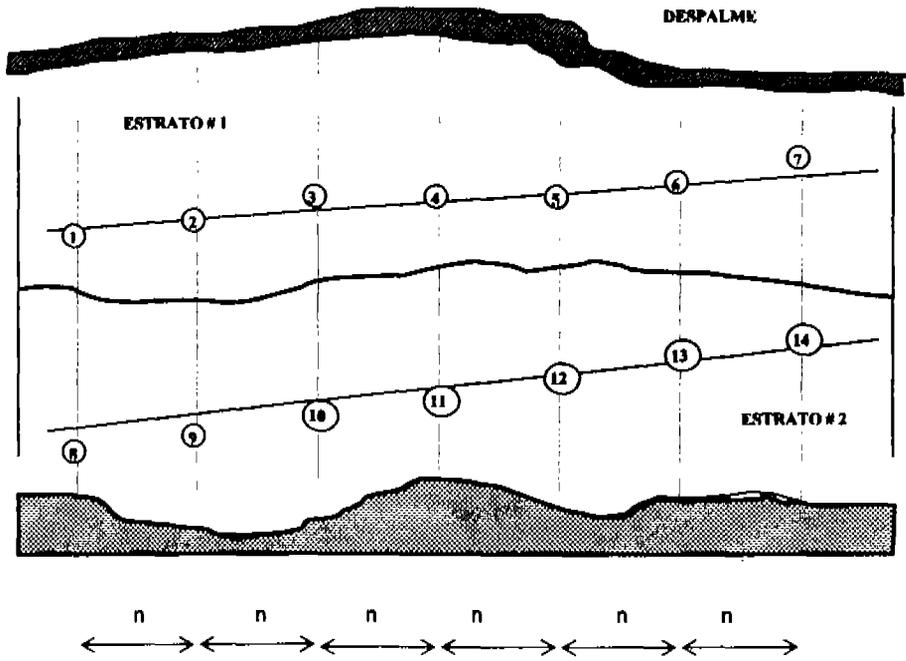


FIGURA 2.1. Muestreo en talo a cielo abierto

7.4. MUESTREO POR MEDIO DE POZOS (CUANDO EL YACIMIENTO NO CUENTA CON UN FRENTE DE ATAQUE.)

7.4.1. Cuando no se cuenta con un frente de ataque, se debe efectuar el muestreo por medio de pozos, realizando el levantamiento topográfico del yacimiento para localizar los pozos de muestreo, dependiendo el número de ellos, de la uniformidad del yacimiento y de su extensión. Es conveniente que el levantamiento topográfico se haga a través de una cuadrícula que sirve para localizar pozos de prueba en sus intersecciones y conocer de este modo el volumen de material que se puede aprovechar (Figura 2.2).

7.5 MUESTREO DE POZOS A CIELO ABIERTO.

7.5.1. Extraer el material por capas, para lo cual se excavan prismas rectangulares concéntricos (Figura 3), cuya profundidad puede ser de 40 ó 100 cm aproximadamente, dependiendo de las características de cementación del material, dejando un escalón mínimo de 40 cm en todo el perímetro a medida que se profundiza la excavación, a fin de evitar, hasta donde sea posible, la contaminación de las muestras simples (de ser necesario pueden ademar las paredes del pozo a medida que se profundice la excavación). En la etapa final, el prisma debe tener en la base por lo menos 60 cm aproximadamente con la profundidad que se considere conveniente. De estas muestras simples se formará la muestra compuesta.

Definida la cantidad del material, se deben vaciar los resultados en el formato No. PHC-01 con la localización de cada pozo, indicando el espesor de despalme, la profundidad explotable y las características del material muestreado a fin de determinar el volumen potencial del banco y la delimitación de las zonas de explotación.

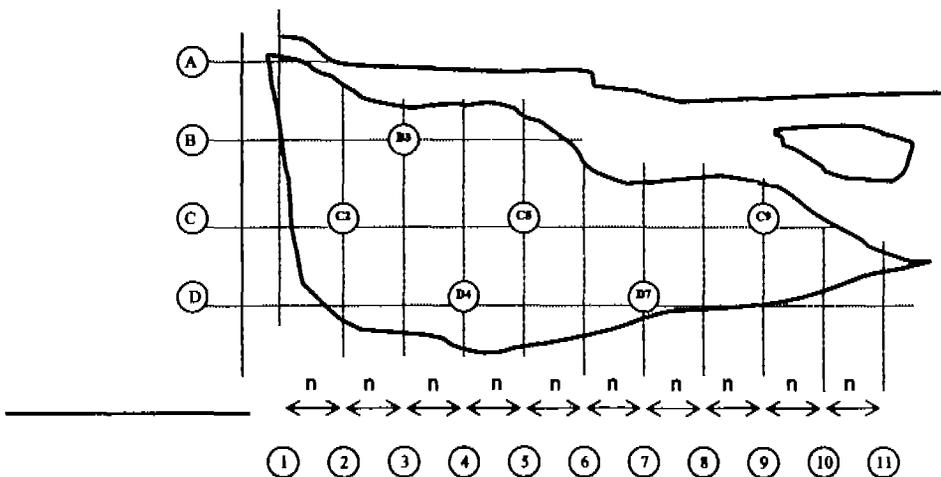


FIGURA 2.2. Localización de sondajes. (Planta).

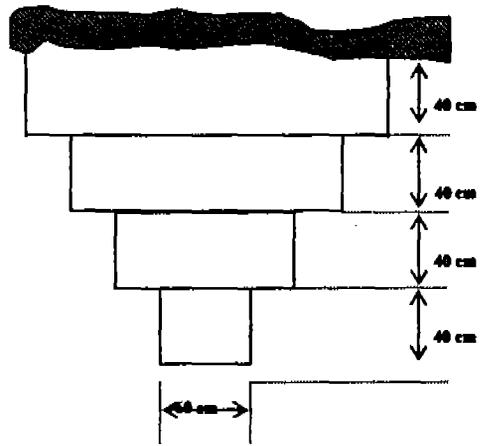
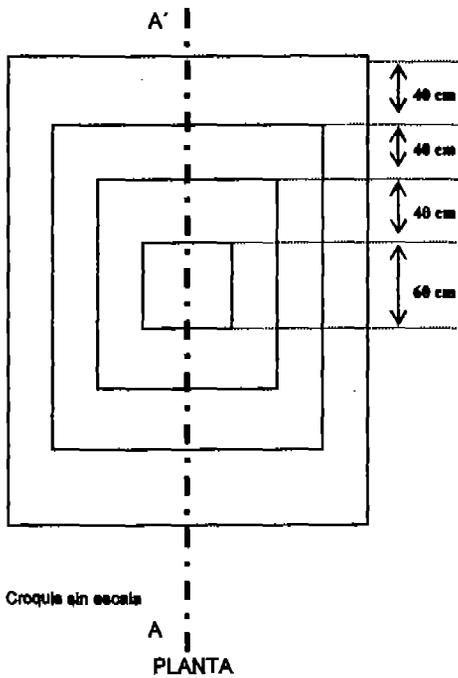


FIGURA 2.3. Muestreo en pozos a cielo abierto.

7.6. MUESTREO POR MEDIO DE TRINCHERAS.

7.6.1. La explotación por medio de trincheras es aplicable en laderas no escarpadas, las cuales suelen estar cubiertas de material de despalme. Es necesario remover este material haciendo una excavación escalonada de arriba hacia abajo; en cada uno de estos se hacen zanjas de dimensiones apropiadas para la extracción de muestras. Se debe evitar la contaminación del material (figura 2.4).

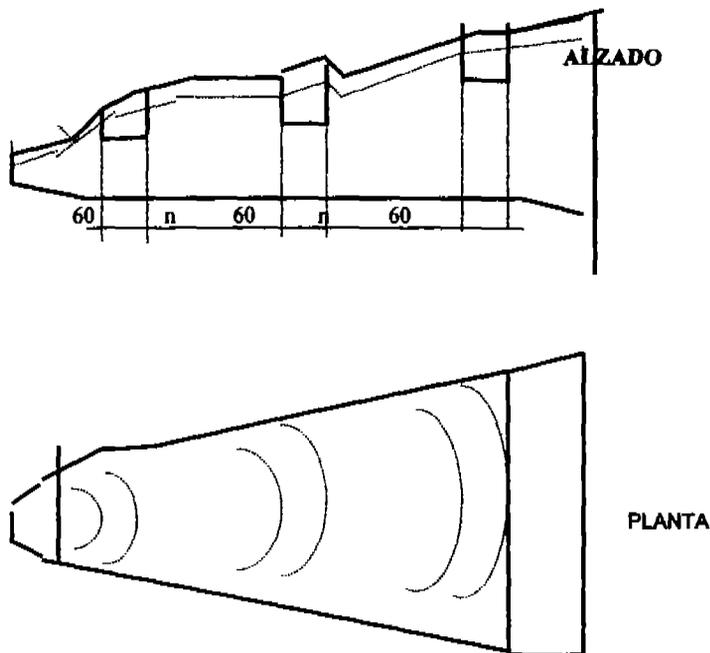


FIGURA 2.4. Muestreo por trincheras

7.7. MUESTREO DE MATERIAL DE PEPENA.

7.7.1. Cuando el material se localiza en la superficie del terreno, para colectarlo no se requiere emplear equipos o procedimientos especiales. Antes de efectuar el muestreo debe hacerse una inspección visual detallada del material localizado sobre el área que se pretende explorar, teniendo la precaución de verificar la cantidad de los diferentes tipos de materiales que existan en dicha área.

Se toman muestras separadas y en cantidades suficientes de todos las clases de materiales, que como resultado de la inspección visual, se consideran apropiadas para la producción de material, estimando la cantidad y el por ciento aproximado de cada una de ellas en el área estudiada.

7.8. MUESTREO DE BRECHAS Y AGLOMERADOS.

7.8.1. Por lo general, éstos depósitos están cubiertos por una capa de tierra vegetal que debe removerse antes de iniciar el muestreo, lo cual podrá efectuarse por medio de pozos a cielo abierto o excavando trincheras eliminando el material intemperizado y haciendo observaciones sobre los aspectos del material, tales como color, estructura y porcentaje aproximado de material útil.

7.9. MUESTREO EN FORMACIONES DE MATERIALES (AGREGADOS Y TERRACERÍAS) NO EXPLOTADAS.

7.9.1. Para hacer un muestreo correcto de estas formaciones, es conveniente tomar en consideración los siguientes aspectos geológicos del banco.

Configuración, rumbo y echado del depósito.

Estructura de la formación, indicando si está fracturada y si la fractura es abierta o cerrada.

Uniformidad en el sentido vertical.

Indicar la presencia de estratos, lentes, diques y bolsas de material de contaminación del banco, dando las características de los mismos.

Profundidad de la formación estratigráfica.

Grado de intemperización del banco.

Clasificación petrográfica del material explorable.

Antes de efectuar el muestreo debe eliminarse el material de despilme y la capa de material intemperizado.

Debe tomarse un número suficientemente grande de muestras para que sean representativas del banco, incluyendo cualquier variación significativa del mismo.

Dependiendo de las fuentes de abastecimiento, el muestreo puede efectuarse mediante los procedimientos de pozos a cielo abierto o de trincheras, pudiendo emplearse para la recolección de muestras; pico, pala, barreta, pulcetas, barrenadoras o rompedoras neumáticas o por medio de extracción de corazones.

7.10. MUESTREO DE CANTERAS.

7.10.1. El muestreo se reduce a tomar muestras representativas del material almacenado o "in situ". (ver procedimiento punto 7.3 muestreo en tajos).

7.11. MUESTREO DE MATERIAL ALMACENADO.

7.11.1. Cuando se tenga material almacenado en la zona de explotación o en la obra, el muestreo se debe hacer tomando porciones aproximadamente iguales de diferente nivel y directriz al del almacén (Figura 2.5). Las muestras simples obtenidas se mezclan para formar una muestra compuesta, que sea representativa del material total almacenado. Una vez analizados los materiales, se deben veciar los datos en el formato No. PHC-01 para facilitar el informe.

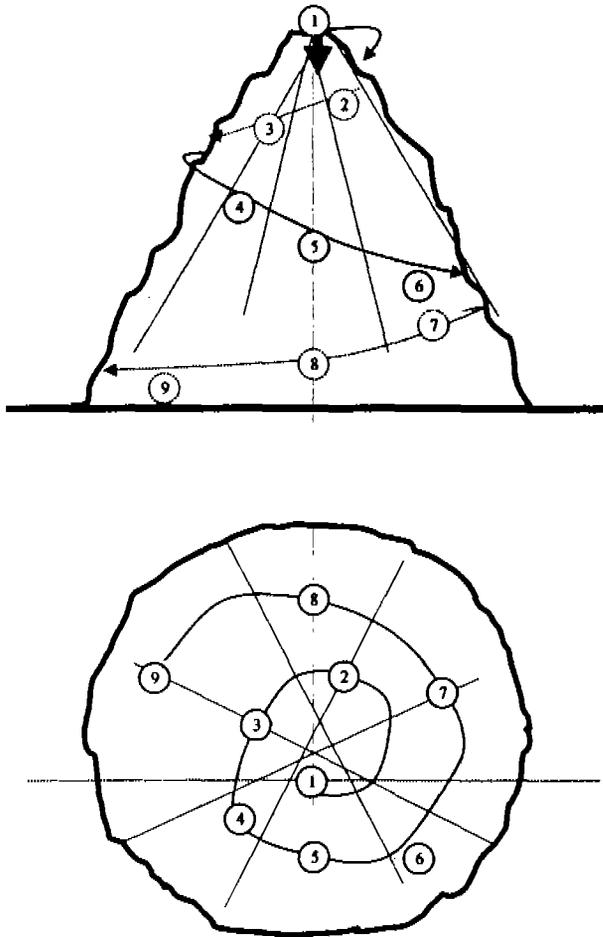


FIGURA 2.5. Muestreo de material almacenado.

7.12. MUESTREO EN LA CORRIENTE DE DESCARGA DE TOLVAS O BANDAS.

7.12.1. Se utiliza el método aleatorio para seleccionar las unidades que se van a muestrear, considerando tres porciones iguales, tomadas al azar, combinándose para formar una muestra compuesta cuya masa sea igual o mayor al recomendado en la tabla 2.1.

Se toma cada una de las porciones del material a medida que se va descargando, depositándolo en un recipiente de tamaño adecuado para contener la muestra de la sección transversal completa de la corriente de descarga, sin que esta se derrame.

7.12.2. Cuando el muestreo se efectúe en tolvas, las muestras deben tomarse cuando las tolvas estén casi llenas.

7.12.3. Las muestras parciales no deben incluir material de un transportador o de una tolva recientemente llenada.

7.12.4. Cuando se puede detener la banda transportadora, se colocan transversalmente a la longitud de la banda y con una separación adecuada, dos láminas como referencia, que tengan el mismo perfil de la banda y que delimite la zona en que se va a tomar la muestra parcial; se efectúa esta operación en tres diferentes zonas igualmente espaciadas.

7.12.5. Se retira el material comprendido entre las dos placas en forma cuidadosa, recolectando el polvo por medio de un cepillo.

7.13. MUESTREO EN UNIDADES DE TRANSPORTE.

7.13.1. Se debe evitar el muestreo de agregado grueso o de mezclas de agregado grueso y fino, hasta donde sea posible, particularmente cuando el muestreo se hace con el propósito de determinar las propiedades de los agregados y que puede depender del grado de trituración de la muestra. Si las circunstancias lo hacen necesario, cuando se muestrea un transporte con agregado grueso o con mezcla de agregado grueso y fino, se diseña un plan de muestreo para el caso específico en consideración, que dé resultados confiables, obtenidos de acuerdo a todas las partes interesadas.

7.13.2. El plan de muestreo debe definir el número necesario de muestras para representar lotes y sub-lotes de tamaños específicos.

7.13.3. Los principios generales de muestreo en unidades de transporte, se aplican a camiones, vagones de tren, barcos y otras unidades de transporte.

7.14. TAMAÑO DE LA MUESTRA.

7.14.1. Número y tamaño de las muestras; el mínimo de muestras de campo obtenidas de la producción debe ser suficiente para que los resultados de las pruebas sean confiables. El tamaño de las muestras de campo que se citan en la tabla 1, es tentativo, y deben obtenerse según el tipo y número de pruebas a las cuales se van a sujetar, la muestra del material debe ser en cantidad suficiente para lograr la ejecución adecuada de las pruebas. Para agregados procesados, ya sean naturales o artificiales, el tamaño próximo nominal de las partículas es el tamaño mayor de la

granulometría indicada en la norma que se vaya a aplicar, y sobre la cual se señale la retención permitida en la criba respectiva.

7.15. PREPARACIÓN, ENVASADO, IDENTIFICACIÓN Y EMBARQUE DE LAS MUESTRAS.

7.15.1. Preparación de las muestras; las muestras pueden ser:

- * Tepetate.
- * Arena natural.
- * Grava natural.
- * Grava-arena.
- * Materiales de voladura.
- * Fragmentos de roca.
- * Materiales artificiales.

7.16. MATERIAL MÍNIMO DE LA MUESTRA.

7.16.1. Los materiales mínimos recomendables de las muestras que deben enviarse al laboratorio para su estudio, son las indicadas en la tabla 2.1.

TABLA 2.1. Material mínimo de la muestra	
MATERIAL	MUESTRA DE CAMPO, kg.
Tepetate	100
Arena	100
Grava	150
Grava - arena	150
Material de voladura	500
Fragmentos de roca	150
Materiales Artificiales	150

7.17. IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA.

7.17.1. Al hacer el envasado de las muestras para su envío al laboratorio, deben identificarse cada una de ellas, colocándose identificación bien aseguradas dentro y fuera del envase con los datos que se indican en el formato.

7.18. ENVASADO Y EMBARQUE DE LA MUESTRA.

7.18.1. Las muestras de agregados gruesos y finos deben envasarse para su transporte en sacos u otros recipientes limpios que impidan pérdida de material.

7.19. INFORME DE RESULTADOS.

7.19.1. Una vez realizados los estudios en laboratorio se procede al vaciado en el formato correspondiente para su envío a la obra previamente con las firmas correspondientes.

7.20. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE.

7.20.1. Para los muestreos a cielo abierto, es necesario tomar en cuenta las disposiciones ambientales del sitio, como respeto a la fauna (caza, maltrato, tráfico y/o comercialización), flora; corte de material de desmonte y despalme, deben realizarse con las medidas necesarias de seguridad.

7.20.2. Cuando se realicen perforaciones para muestreo, el material producto de la excavación deberá regresarse al sitio original.

7.20.3. Se debe evitar dejar residuos de parafina (en caso de utilizarse) domésticos y en el caso de residuos biológico - orgánicos, evitar dejarlos a cielo abierto.

7.20.4. Cuando se utilice maquinaria para la perforación de pozos de muestreo, evitar la contaminación del terreno.

7.20.5. Para los casos de muestras en la corriente de descarga de tolvas ó bombas, es importante acatar las disposiciones de seguridad del sitio (equipo de seguridad y reglamento).

8. RECURSOS

8.1. EQUIPO:

Vehículo, carretilla.

Carretilla.

Pico.

Barreta.

Pala.

Botas, guantes de camaza y faja.

Etiquetas.

8.2. MANO DE OBRA:

Laboratorista.

Auxiliar de Laboratorio.

Supervisor ó Coordinador

Jefe de Laboratorio.

8.3. MATERIALES:

Franela o paño absorbente, estopa.

Costales y/o envases.

Bolsas de plástico

9. FORMATO

Formato PHC-01 "Identificación de muestreo en campo". SP-DP-LAB-PRO-0001 r02 A.01

IDENTIFICACIÓN DEL MISMO EN UNO DE LOS FORMOS R-C01

FINES _____
NORMAS _____
DEFINICIÓN _____
TIPO DE MISMA: _____
PROCESO: _____
LUGAR DEL MISMO _____
RESPONSABLE _____
ORIGEN _____
NÚMERO DE CONTROL _____
NOMBRE DEL MISMO _____
RESPONSABLE DEL MISMO _____
FECHA DEL MISMO _____
HORAS DEL MISMO _____
USO DEL MISMO _____
OBSERVACIONES _____

REVISADO POR: _____
1. LUGAR DEL MISMO _____
2. CONTROL DEL MISMO _____

IDENTIFICACIÓN DEL MISMO EN UNO DE LOS FORMOS R-C01

FINES _____
NORMAS _____
DEFINICIÓN _____
TIPO DE MISMA: _____
PROCESO: _____
LUGAR DEL MISMO _____
RESPONSABLE _____
ORIGEN _____
NÚMERO DE CONTROL _____
NOMBRE DEL MISMO _____
RESPONSABLE DEL MISMO _____
FECHA DEL MISMO _____
HORAS DEL MISMO _____
USO DEL MISMO _____
OBSERVACIONES _____

REVISADO POR: _____
1. LUGAR DEL MISMO _____
2. CONTROL DEL MISMO _____

IDENTIFICACIÓN DEL MISMO EN UNO DE LOS FORMOS R-C01

FINES _____
NORMAS _____
DEFINICIÓN _____
TIPO DE MISMA: _____
PROCESO: _____
LUGAR DEL MISMO _____
RESPONSABLE _____
ORIGEN _____
NÚMERO DE CONTROL _____
NOMBRE DEL MISMO _____
RESPONSABLE DEL MISMO _____
FECHA DEL MISMO _____
HORAS DEL MISMO _____
USO DEL MISMO _____
OBSERVACIONES _____

REVISADO POR: _____
1. LUGAR DEL MISMO _____
2. CONTROL DEL MISMO _____

IDENTIFICACIÓN DEL MISMO EN UNO DE LOS FORMOS R-C01

FINES _____
NORMAS _____
DEFINICIÓN _____
TIPO DE MISMA: _____
PROCESO: _____
LUGAR DEL MISMO _____
RESPONSABLE _____
ORIGEN _____
NÚMERO DE CONTROL _____
NOMBRE DEL MISMO _____
RESPONSABLE DEL MISMO _____
FECHA DEL MISMO _____
HORAS DEL MISMO _____
USO DEL MISMO _____
OBSERVACIONES _____

REVISADO POR: _____
1. LUGAR DEL MISMO _____
2. CONTROL DEL MISMO _____

ANEXO A2-2

PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS EN TERRACERIAS, SUBBASES Y BASES PARA PAVIMENTOS. CLAVE: SP-DP-LAB-PRO-0016-r01

FORMATO PHC-28 PRUEBA EN GRAVAS

FORMATO PHC-29 PRUEBA EN ARENAS

FORMATO PHC-29-2 PRUEBA EN ARENAS

FORMATO PHC-31 PRUEBA DE COMPACTACIÓN DINÁMICA (AASHTO)

FORMATO PHC-32 PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE Y EXPANCIÓN

FORMATO PHC-34 PRUEBAS EN TERRACERIAS Y CAPAS DE PAVIMENTO

FORMATO PHC-35 DETERMINACIÓN DE GRADO DE COMPACTACIÓN EN CAMPO

PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS EN TERRACERÍAS, SUBBASES Y BASES PARA PAVIMENTOS. (CLAVE: SP-DP-LAB-PRO-0018-r01)

1. OBJETIVO

1.1. Obtener, preparar y ensayar muestras representativas de almacenes de terracerías y rellenos en la obra ó en los bancos de préstamo de materiales, así como materiales de base hidráulica y pruebas durante y después de la colocación de estos materiales

2. CAMPO DE APLICACIÓN

2.1. Este procedimiento cubre las pruebas de: granulometría, límites de plasticidad, contracción lineal, peso volumétrico seco máximo estándar, valor relativo de soporte y expansión, peso volumétrico suelto, equivalente de arena, valor cementante, así como la compactación "in situ".

3. INFORMACIÓN TÉCNICA Y REFERENCIAS APLICABLES

3.1. Normas de Construcción de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, SCT, Libro 3, 4 y 6.

3.2. American Society for Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standards vol. 4.08.

3.3. American Society for Testing And Materials. Annual Book of ASTM Standards, vol. 04.08. ASTM D 422, D 427, D 854, D 1140, D 4318, D 4943, ASTM D 698, D 1567, D 1583.

4. DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA

4.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO. Es la determinación cuantitativa de la distribución de partículas que conforman los suelos según su tamaño. Su determinación se realiza mediante la determinación de la masa de las partículas del suelo que se retienen durante su cribado a través de distintas mallas con aberturas de entre 3" y mayores de 0.074 mm. Para efectos de clasificación SUCS, los materiales con partículas mayores que 3" son considerados como fragmentos de roca. Entre las mallas de 3" y la No. 4 son las gravas, y las arenas quedan comprendidas entre la malla No. 4 y se retienen en la malla No. 200. Los finos son aquellos materiales que pasan la malla No. 200. Para el cribado se utilizan las siguientes mallas:

MALLA No.	ABERTURA (mm)	MALLA No.	ABERTURA (mm)
TAPA	---	8	2.38
3"	76.200	10	2.00
2"	50.800	16	1.18
1 1/2"	38.100	20	0.840
1"	25.400	30	0.600
3/4"	19.050	40	0.420
1/2"	12.700	50	0.300
3/8"	9.525	60	0.250
1/4"	6.350	100	0.150
4	4.760	200	0.074

4.2. LÍMITE LÍQUIDO. Es el contenido de agua para el que una muestra de suelo tiene una resistencia al corte de 25 g/cm².

4.3. LÍMITE PLÁSTICO. Es el contenido de agua de una muestra de suelo en el que al rolar un rollo de 1/8" (3.2 mm) de diámetro sobre una placa de vidrio lisa, éste comienza a agrietarse, sin desmoronarse.

4.4. ÍNDICE DE PLASTICIDAD. Es la diferencia algebraica del límite líquido y el límite plástico. $I_p = L_L - L_P$

donde: I_p = Índice plástico; L_L = Límite líquido; L_P = Límite plástico

4.5. CONTRACCIÓN LINEAL. Representa la reducción en una de sus dimensiones de una muestra de suelo, expresada en porcentaje de la dimensión original. Esta prueba es aplicable a suelos cohesivos que pasen por la malla No. 40.

4.6. COPA DE CASAGRANDE. Dispositivo de laboratorio que sirve para la determinación del límite líquido de la fracción fina de los suelos. Consta de un recipiente de bronce o latón con un borde del mismo material y un tacón montado sobre una base. El tacón y la copa giran en torno a un eje fijo unido a la base. Una excéntrica hace que la copa golpee periódicamente contra la base del dispositivo, que es de hule o mica 221. La altura de caída de la copa es, por especificación, de 1 cm.

4.7. COMPACTACIÓN. Método artificial de mejoramiento de suelos que se emplea para aumentar las características mecánicas peso volumétrico y disminuir la permeabilidad de un suelo.

4.8. ENERGÍA DE COMPACTACIÓN. Es la medida necesaria para reproducir el peso específico seco.

4.9. PESO VOLUMÉTRICO SECO. Es la relación entre el peso y el volumen de un suelo, el peso volumétrico seco máximo lo obtendremos de una gráfica peso volumétrico seco vs contenido de agua.

4.10. VALOR RELATIVO DE SOPORTE. Se manejará como VRS por sus iniciales se conoce también como California Bearing Ratio CBR por sus siglas en inglés. Se define como la relación de las resistencias en porcentaje, del material en estudio y de un material estándar, a ser penetrados por un cilindro metálico. Los valores para cálculo se obtienen cuando se registra el valor de la fuerza a 2.54 y 5.08 mm de penetración del material.

5. RESPONSABILIDADES

5.1. La responsabilidad de realizar las pruebas es del Laboratorio que las efectúe, así como el cálculo correcto de estas pruebas; los resultados de las mismas se obtienen con ayuda en algunos casos, de una hoja de cálculo en Excel, programada con el formato y las funciones necesarias.

5.2. Es responsabilidad del jefe de laboratorio el cumplimiento de este procedimiento en forma conjunta con su personal, y la verificación aleatoria de la ejecución de los ensayos.

6. ANTECEDENTES

6.1. Para cada una de las pruebas se prepara el equipo necesario para su ejecución.

6.2. Se procede a la preparación de las muestras de prueba de acuerdo con el tipo de ensayo a realizar.

7. PROCEDIMIENTOS.

7.1. GRANULOMETRÍA.

7.1.1. Preparar el equipo necesario para la prueba.

7.1.2. Obtener la muestra por cuarteo, mecánico o manual de acuerdo al procedimiento SP DP LAB-PRO-006 r01: Para arenas se toma la cantidad aproximada de 500 g; Para las gravas de TMA de 1/2" 2 kg, para 3/4" 8 kg, para 2" 20 kg y para 3" de 45 kg.

7.1.3. Secar la muestra del material preferentemente a los rayos del sol, aproximadamente a 60 °C y pesar.

7.1.4. Se vacía la muestra en las mallas previamente acomodadas por tamaños de aberturas, de mayor a menor.

7.1.5. Cuando se use equipo mecánico, las mallas se acomodan en el agitador mecánico y éste se enciende, dejándolo funcionar por un tiempo no mayor a 10 minutos. En caso de hacer la prueba manual: en arenas se vierte la muestra sobre las mallas acomodadas y para las gravas se efectúa el cribado de malla en malla de mayor a menor.

7.1.6. Transcurrido el tiempo de cribado se sacan las mallas del agitador y en el proceso manual se espera un momento a que las partículas sueltas se acomoden.

7.1.7. Se separa el juego de mallas y se pesa el contenido de cada una de las mallas, el valor obtenido se anota en el registro en el renglón correspondiente a cada malla según sea el caso.

7.1.8. Se debe tener precaución de no exceder para cada una de las mallas un peso equivalente a 0.6 g/cm² (que es en mallas de 20 cm de diámetro 200 g máximo, y en mallas de 30 cm de diámetro de 1,698 g máximo).

7.1.9. Se realiza el cálculo sumando los pesos parciales hasta obtener la suma total; posteriormente se divide los valores parciales entre la suma total multiplicada por 100 y ajustada a la unidad.

7.1.10. De la curva granulométrica se obtienen los valores del Coeficiente de Curvatura y del Coeficiente de Uniformidad para conocer si la fracción gruesa es bien o mal graduada, cuando se requieren. Con los resultados de esta prueba se determina la clasificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S. U. C. S.), ver Libro 4, SCT de las referencias.

7.2. GRANULOMETRÍA DE LAS ARENAS POR MEDIO DE LAVADO.

7.2.1. Cuando se realice la granulometría de la arena, primero se debe lavar el material por la malla 200, de tal manera de eliminar el material menor a la malla de 0.075 mm, después el material sobrenante se le ejecuta la granulometría desde la malla No. 4 a la malla No. 100 y en la órbita se comienza el material que retiene la malla 200.

7.2.2. El lavado del material se realiza por agitación en un recipiente cerrado hasta obtener el agua razonablemente clara. El material antes de lavarlo se pesa seco en el horno a 110 ± 6 °C y también después de lavado se seca a la temperatura indicada y se pesa.

7.2.3. Todos los valores se anotan en el registro y procesamiento de datos en la hoja de cálculo.

7.3. LÍMITES DE PLASTICIDAD Y CONTRACCIÓN LINEAL.

7.3.1. LÍMITE LÍQUIDO

7.3.1.1. Se obtiene la muestra por ensayar del cuartzo y del cribado por la malla No. 40 y se toman aproximadamente 300 g de material seco que pase la malla mencionada.

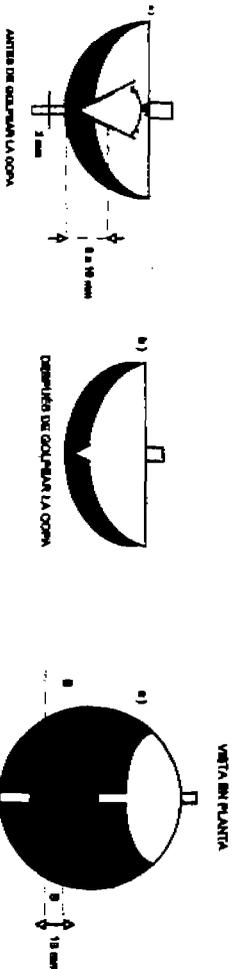
7.3.1.2. Se agrega agua para remodelar el suelo haciendo una mezcla homogénea.

7.3.1.3. Se verifica y ajusta en caso necesario, la altura de caída de la Copa de Casagrande, 1 cm.

7.3.1.4. Se pone en una cápsula el material que ha pasado por dicha malla. Se agrega agua y, con una espátula se mezcla perfectamente hasta obtener una pasta suave y espesa.

7.3.1.5. El suelo remodelado se coloca con una espátula en la copa de Casagrande, teniendo un espesor máximo de 1 cm, se debe tener cuidado de que el material quede bien enrasado y sin burbujas.

7.3.1.6. Con el ramurador (plano, curvo) se hace una ranura al centro, siguiendo el eje longitudinal de la copa y en un solo tiempo, cuidando que el ramurador se mantenga perpendicular a la superficie de la copa; al terminar de labrar la ranura se limpia el ramurador con la franja.



7.3.1.7. Se da vuelta a la manivela a razón de dos golpes por segundo, contando el número de golpes necesarios para que la ranura se cierre en el fondo una distancia de 1 cm.

7.3.1.8. Se cierra la ranura con la espátula, cuidando de que no queden burbujas y se repiten la operación. Si el número de golpes se repite o tiene una diferencia de ± 1 golpe con respecto al primer valor obtenido, entonces se anota el número de golpes en la hoja de registro.

7.3.1.9. Se toma una pequeña porción del suelo que está en la copa y próxima a la ranura cerrada y se coloca en un vidrio de reloj o cápsula de aluminio previamente verificada su masa y se anota en el registro.

7.3.1.10. Se determina la masa del vidrio de reloj o cápsula de aluminio con el suelo húmedo y se anota en el registro.

7.3.1.11. Se repiten los pesos agregándole el agua necesaria para cada uno de las determinaciones, se recomienda tener cuatro determinaciones comprendidas entre 5 y 50 golpes, teniendo dos entre 5 y 25 y las otras dos entre 25 y 50

7.3.1.12. Se procede a determinar el contenido de agua según el registro.

7.3.1.13. Se traza la gráfica del número de golpes vs el contenido de agua en un rayado semilogarítmico.

7.3.1.14. El valor del límite líquido se encuentra mediante interpolación o lectura directa en la gráfica del contenido de agua correspondiente a 25 golpes.

7.3.2. LÍMITE PLÁSTICO.

7.3.2.1. Se toma una muestra de suelo empleada en la prueba de límite líquido que tenga bajo el contenido de agua.

7.3.2.2. Se amasa y se rola sobre la placa de vidrio hasta tener un rollo de 18" (32 mm) de diámetro y 5 cm de longitud.

7.3.2.3. Cuando se llega al diámetro indicado en el punto anterior, se revisa si la superficie del rollo presenta agrietamiento; si es así, se corta en dos y una mitad se pone en uno de los vidrios de reloj o cápsula de aluminio; la otra mitad se amasa nuevamente y se repite el proceso tomando en cuenta que el rollo que se forme será de 5 cm de longitud.

7.3.2.4. Los vidrios de reloj o las cápsulas de aluminio previamente verificada su masa, se determina su masa nuevamente con el material húmedo y se meten al horno para obtener su contenido de agua siguiendo los pasos indicados en el registro correspondiente.

7.3.2.5. Todas las masas obtenidas se deberán anotar en la hoja de registro; en este caso se emplea la sección que tienen los formatos presentados para esta prueba.

7.3.2.6. Cuando ya se tienen los contenidos de agua en %, el valor del límite plástico será el promedio aritmético de los contenidos de agua.

7.3.2.7. Al tener los valores del Límite Líquido (L_L) y el Límite Plástico (L_P), se puede entonces obtener el valor del Índice de Plasticidad, I_P .

7.3.2.8. Con los valores del L_L , L_P o I_P , se realiza la clasificación de la fracción fina del suelo empleando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S. U. C. S.)

7.3.3. CONTRACCIÓN LINEAL.

7.3.3.1. Se mide el molde en su eje longitudinal y se anota en el registro, así como también se anotará el número de identificación del molde.

7.3.3.2. Se engrasa ligeramente el molde. Se pesa el molde. Se siguen los puntos con una penetración de 25 golpes con la Copa de Casagrande.

7.3.3.3. Se llena una tercera parte del molde con una muestra de suelo y se procura que no queden burbujas de aire atrapadas, para sacar las burbujas se golpea el molde sobre una superficie firme pero suave.

7.3.3.4. Se pone una segunda capa de aproximadamente otra tercera parte del molde y nuevamente se golpea sobre la superficie para sacar las burbujas de aire atrapadas.

7.3.3.5. Se agrega una última capa de suelo hasta llenarlo totalmente, se golpea nuevamente y el exceso de suelo se retira engrasando el molde.

7.3.3.6. Se pesa el molde con el suelo y se anota este valor en el registro. Se deja el molde con el suelo a temperatura ambiente, cuidando de que no se contamine, hasta que la coloración del suelo cambie de oscuro a claro.

7.3.3.7. Se mete al horno para su secado y se sigue el procedimiento para calcular el contenido de agua como se indica en el registro.

7.3.3.8. Se extrae la muestra seca del molde y se mide con el Vernier, el valor se anota en el registro.

7.3.3.9. Los datos se deberán anotar en la hoja de registro mostrada en el registro.

7.4. MASA VOLUMÉTRICA SECA SUELTA (PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO).

7.4.1. El material se mezcla para tratar de homogeneizar sus componentes.

7.4.2. Se obtiene el volumen y la masa del molde y se anotan en el registro.

7.4.3. Se toma el material con el cucharón y se vacía en el molde procurando no hacerlo de manera brusca.

7.4.4. Se enrasa el material suavemente, buscando que el material que se queda sin enrasar sea equivalente a los huecos formados en el interior del molde.

7.4.5. Se limpia el molde y se pesa en la báscula, anotando este valor en el registro.

7.4.6. Se calcula la masa (peso) del material.

7.4.7. Esta prueba se hace de 3 veces para obtener un valor promedio.

7.4.8. Los valores obtenidos se le anotan en la bitácora o registro de procesamiento de datos correspondiente.

7.5. PESO VOLUMÉTRICO MÁXIMO; COMPACTACIÓN EN EL LABORATORIO. COMPACTACIÓN ASTM D 698-91 MÉTODO ESTÁNDAR DE LABORATORIO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN USANDO EL MÉTODO ESTÁNDAR O ESFUERZO ESTÁNDAR (12,400 ft-lb/ft³ (800 kN-m/m³))

7.5.1. Según las características del material se elige el procedimiento a seguir conforme la especificación del proyecto de acuerdo al grado de energía de compactación.

7.5.2. Se prepara el equipo:

7.5.3. Se pasa el material por la malla sugerida según la variante de prueba:

MATERIA AL MÍNIMO, kg	VARIANT E	MATERIA L QUE PASA	MATERIA L, kg	DIÁMETRO O MOLDE, cm	NÚMERO CAPAS	GOLPES POR CAPA	MASA DEL PISÓN, kg	ALTURA DE CAÍDA, cm
ASTM D 698-91 MÉTODO ESTÁNDAR								
18	A	No. 4	2,500	4"	3	25	2.50 ± 0.01	30.48 ± 0.13
18	B	3/8"	2,500	4"	3	25		
29	C	1/4"	5,900	6"	3	56		
ASTM D 1557-91 MÉTODO MODIFICADO								
18	A	No. 4	2,500	4"	3	25	4.54 ± 0.01	45.72 ± 0.13
18	B	3/8"	2,500	4"	3	25		
29	C	1/4"	5,900	6"	3	56		

7.5.4. Se deja secar un poco el material en caso de que esté muy húmedo.

7.5.5. En el registro correspondiente se anota el peso y las dimensiones del molde.

7.5.6. Se agrega agua a la muestra y se mezcla muy bien para obtener una muestra ligeramente húmeda y homogénea.

7.5.7. Se prepara y ajusta la altura de caída y la masa del pisón, según las especificaciones de las variantes la prueba ASTM, D 698-91.

7.5.8. Se vacía con el cucharón una cantidad de muestra al molde que depende del número de capas que nos indique el punto anterior.

7.5.9. El molde se coloca en el plato giratorio del compactador y se asegura con las placas de fijación.

7.5.10. El tipo de prueba de especificación se analiza para moldes Proctor para moldes de 4" y VRS para moldes de 6" de diámetro.

7.5.11. Una vez terminado el número de golpes, se limpia el pisón, se coloca en su posición de descanso y se gira la palanca de seguridad. Se libera el molde y se retira.

7.5.12. Se repiten los puntos tantas veces sea necesario para cumplir con la especificación.

7.5.13. Se retira el collarín del molde y se enrasa la muestra.

7.5.14. Se obtiene la masa del molde con la muestra y se anota este valor en el registro.

7.5.15. Se toma con la espátula una muestra del espécimen y se coloca en una de las cápsulas y se anota este valor en el registro.

7.5.16. Se obtiene la masa de la cápsula y se procede a obtener el contenido de agua según el procedimiento del registro correspondiente. Una vez obtenido el contenido de agua se anota este valor en el registro.

7.5.17. Se repite la prueba con otro punto aumentando la cantidad de agua hasta cuatro veces más para tener cinco determinaciones 3 en la rama seca y 2 en la rama húmeda y poder construir la curva de compactación.

7.5.18. Las fórmulas empleadas para esta prueba serán las siguientes:

7.5.18.1. Energía de compactación

$$E_o = \frac{NnHW}{1000V}$$

donde:

E_o = Energía de compactación en kg cm/cm³.

N = Número de golpes por capa.

n = Número de capas.

H = Altura de caída en cm.

W = Masa del pisón en g.

V = Volumen del cilindro en cm³.

7.5.18.2. Masa del agua

$$W_w = W_{CAP+SH} - W_{CAP+SS}$$

donde:

W_w = Masa del agua en g.

W_{CAP+SH} = Masa de la cápsula más el suelo húmedo en g.

W_{CAP+SS} = Masa de la cápsula más el suelo seco en g.

7.5.18.3. Masa del suelo seco

$$W_{ss} = W_{CAP+SS} - W_{CAP}$$

donde:

W_{ss} = Masa del suelo seco en g.

W_{CAP+SS} = Masa de la cápsula más el suelo seco en g.

W_{CAP} = Masa de la cápsula en g.

7.5.18.4. Contenido de agua

$$\omega = \frac{W_w}{W_{ss}} \cdot 100$$

donde:

ω = Contenido de agua en %.

W_w = Masa del agua en g.

W_{ss} = Masa del suelo seco en g.

7.5.18.5. Suelo húmedo

$$W_H = W_{MOL+SH} - W_{CIL}$$

donde:

W_H = Masa del suelo húmedo en el molde en Kg

W_{CIL+SH} = Masa del cilindro más el suelo húmedo en Kg

W_{CIL} = Masa del molde en Kg

7.5.18.6. Suelo seco

$$W_s = \frac{W_H}{\frac{w}{100} + 1}$$

donde: W_s = Masa del suelo seco en el molde en Kg
 W_H = Masa del suelo húmedo en el molde en Kg
 w = Contenido de agua en %

7.5.18.7. Masa volumétrico seco

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V} 1000$$

donde: γ_s = Masa volumétrico seco en kg/m^3 .
 W_s = Masa del suelo seco en el molde en Kg
 V = Volumen del molde en cm^3 .

7.5.18. Los valores obtenidos se anotan en la bitácora o registro y también genera el reporte del resultado de la prueba.

7.6. Compactación astm d 1557-91, "método estándar de laboratorio para la determinación de las características de compactación de los suelos usando el método modificado. (56,000 ft-lb/ft³ (2,700 kn-m/m³)).

7.6.1. El equipo de compactación se ajusta a la altura de caída y a la masa del plisón.

7.6.2. Para especificaciones de las variantes de la prueba, ASTM 1557-91.

7.6.3. Para el proceso se siguen los pasos del punto anterior.

7.6.4. Los valores obtenidos se registran en la hoja de cálculo de la prueba y se genera el reporte del resultado de la prueba.

7.7. VALOR RELATIVO DE SOPORTE Y EXPANSIÓN.

7.7.1. Se prepara el equipo:

7.7.2. Se requiere de una muestra mínima de 16 kg a la que previamente se le ha efectuado el cuarteo.

7.7.3. Se pasa la muestra por la malla de 1". Si la muestra original contiene menos del 15% en peso del material que se retiene en la malla de 1", debe utilizarse para la prueba el material que paso la malla. Cuando el retenido en la malla de 1" exceda del 15%, es necesario sustituir este retenido por una cantidad igual en peso de material pétreo que pase la malla de 1" y se retenga en la No. 4, el cual debe tomarse de otra muestra.

7.7.4. En la charola se pone la muestra y se le agregan aproximadamente 80 ml de agua.

7.7.5. Se pone un papel filtro en el fondo del molde.

7.7.6. Se vacía el molde una parte de la muestra y se golpea 25 veces con la varilla.

7.7.7. Se repite el punto anterior dos veces más de tal manera que tengamos tres capas.

7.7.8. Se pone un papel filtro en la parte superior de la muestra.

7.7.9. Se pone en la prensa y se aplica una carga lentamente de tal manera que se alcance un esfuerzo de 140.60 kg/cm^2 en cinco minutos, se deja esa carga durante un minuto e inmediatamente se descarga en otro minuto.

7.7.10. Si al final de la compactación se humedece la base del molde o el papel filtro superior entonces se tiene la humedad óptima. Se obtiene su masa del molde con el material, y se toman lecturas de altura faltante. Si se humedece en exceso entonces se disminuye la cantidad de agua que se agregó; si no se humedece entonces habrá que aumentar la cantidad de 80 ml de agua a otros 4 kg de material y se repite la operación.

7.7.11. Se conserva el material dentro del molde mientras no se haya definido cual es el espécimen que se encuentra en la humedad óptima, o muy cercano a ella.

7.7.12. El proceso debe repetirse el número de veces necesario para lograr. Con incrementos de 80 ml de agua, que se humedezca la base del molde. Cuando esto se logre, se selecciona para saturarlo.

7.7.13. El espécimen se coloca la placa perforada con el vástago, se colocan las placas perforadas de tal manera que sumen 6.0 kg, se ajusta el triple con el micrómetro y se mete en la tina para que la muestra se sature.

7.7.14. El tiempo de saturación puede variar, las lecturas en el micrómetro se realizarán diariamente y después de 48 h si no hay variación en las últimas 24 h, entonces el molde se saca de la tina y se retira el triple.

7.7.15. Los valores obtenidos se anotan en el registro.

7.7.16. Se coloca el molde en posición horizontal con cuidado para escurrir el agua que queda dentro del molde, se registra la masa del molde más material saturado.

7.7.17. Se coloca el molde en el marco de carga.

7.7.18. Se registran los datos:

Identificación de la muestra.

Dimensiones del molde y de la muestra.

Tiempo de saturación.

Carga durante la saturación.

7.7.19. Se ajusta la velocidad en el marco de carga de 1.27 mm/seg.

7.7.20. Se acomoda el molde en la base de marco y se coloca el cilindro metálico.

7.7.21. Se ajustan los dispositivos y se acomoda la base del anillo de carga con el cilindro procurando que el conjunto quede centrado para evitar cargas excéntricas.

7.7.22. Se restablecen los dispositivos en cero.

7.7.23. Se da una carga que no sea mayor de 100 N (10.2 kg) e inmediatamente después se descarga.

7.7.24. Se restablecen los dispositivos de carga y penetración en cero.

7.7.25. Se inicia la etapa de penetración.

7.7.26. Se registran los valores de la fuerza y de la penetración, si el dispositivo llega a una fuerza de 4,960 kg se detiene la prueba; si la penetración llega a 13 mm antes del valor de la fuerza antes indicado se detiene la prueba.

7.7.27. Se detiene la prueba en el marco.

7.7.28. Se descarga el marco.

7.7.29. Se desmonta el cilindro del marco, se quita el papel filtro y se procede a tomar una muestra del espécimen para determinar el contenido de agua como se indica en el registro correspondiente.

7.7.30. Los registros son preparados en el informe de resultados correspondiente.

7.8. DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO "IN SITU"

7.8.1. Preparar el Equipo a emplear:

7.8.2. Preparativos para la prueba:

7.8.2.1. Para determinar el volumen de la prueba (V_m) se debe hacer un sondeo con las características señaladas y de acuerdo al método seleccionado siguiente:

TAMAÑO DEL MATERIAL	TROMPA DE ELEFANTE C/ARENA	CONO Y PLACA C/FRASCO C/ARENA	MÉTODO CON AGUA	CANTIDAD DE MATERIAL PARA LA HUMEDAD, g
ARENA	3,000 cm ³	3,000 cm ³	3,000 cm ³	100
MALLA DE ½"	3,000 cm ³	3,000 cm ³	3,000 cm ³	250
MALLA DE 1"	3,500 cm ³	3,500 cm ³	3,500 cm ³	500
MALLA DE 2"	3,500 cm ³	3,500 cm ³	Capas > 40 cm	1,000
MALLA DE 3"	4,000 cm ³	4,000 cm ³	Capas > 40 cm	1,000

7.8.3. Cuando se utilice el método con arena, se verifica el peso específico o volumétrico de la arena, de la siguiente manera:

7.8.3.1. Determinar el volumen (V_r) del recipiente con agua y en peso, promediando tres valores que no tengan diferencia entre sí de 3 cm³.

7.8.3.2. Se coloca el dispositivo con que se trabajará (trompa de elefante ó cono y placa) en una superficie horizontal y se llena con arena el depósito.

7.8.3.3. Se vacía la arena en el recipiente y se registra su peso, al menos tres valores sin diferencia de más del 1%, para obtener un promedio (Wsd).

7.8.3.4. Se determina el peso volumétrico de la arena PVsd:

$$PVsd = (Wsd/Vr) \times (1,000) \text{ en kg/m}^3$$

7.8.3.5. Seleccionado el sitio de prueba, se prepara la superficie sensiblemente plana y libre de partículas sueltas y se realiza una excavación de acuerdo al volumen del punto 7.8.2.1. preferentemente al espesor de la capa o estrato. En la excavación debe evitarse alteraciones en las paredes y el fondo.

7.8.3.6. Inmediatamente se extrae el material de la excavación y se pesa (Wm), posteriormente de ese mismo material se toma un testigo para determinar su humedad (w_1).

7.8.4. CON EQUIPO DE TROMPA DE ELEFANTE.

7.8.4.1. Se pesa la arena seca seleccionada, con un 25 % a la estimada por emplear (Wsl).

7.8.4.2. Se introduce la trompa dentro del sondeo y se vacía la arena y se pesa la arena sobrante (Wsf); El peso de la arena depositada (Ws) será la diferencia de (Wsl) - (Wsf).

7.8.4.3. La prueba se calcula:

$$7.8.4.4. \text{ Volumen del sondeo } (Vm) = (Ws) / PVsd$$

$$7.8.4.5. \text{ Peso Volumétrico del material húmedo } (PVmh) = (Wm) / (Vm) \times (1,000)$$

$$7.8.4.6. \text{ Peso Volumétrico del material seco } (PVms) = (PVmh) / (100 + (w_1)) \times (100); \text{ kg/m}^3$$

7.8.5. CON EQUIPO DE CONO Y PLACA:

7.8.5.1. Se pesa la arena seca con el frasco y el cono (Wfs); posteriormente se pone el dispositivo sobre una superficie plana y se abre y cierra la válvula, y se retira el dispositivo de arena remanente y se pesa (Wfr); la diferencia es el peso del cono de arena (Wfc) = (Wfs) - (Wfr).

7.8.5.2. Se llena el sondeo con la arena del dispositivo previamente pesado (Wsl) y se pesa el dispositivo con la arena sobrante (Wsf); el peso de la arena depositada (Ws) será la diferencia de ((Wsl) - (Wsf)) - (Wfc).

7.8.5.3. La prueba se calcula:

$$7.8.5.4. \text{ Volumen del sondeo } (Vm) = ((Ws) / PVsd) \times (1,000)$$

$$7.8.5.5. \text{ Peso Volumétrico del material húmedo } (PVmh) = ((Wm) / (Vm)) \times (1,000)$$

$$7.8.5.6. \text{ Peso Volumétrico del material seco } (PVms) = (PVmh) / (100 + (w_1)) \times (100); \text{ kg/m}^3$$

7.8.6. CON EQUIPO EMPLEANDO AGUA

7.8.6.1. Una vez terminado el sondeo, se coloca la tela de plástico resistente cubriendo las paredes y el piso de dicho sondeo. Sujutando las orillas para evitar fugas de agua.

7.8.6.2. Se vierte el agua de los recipientes ya aforados y terminando con la probeta con aproximación de 10 decímetros cúbicos (10 dm³) y se registra este volumen medido del sondeo que equivale a la suma algebraica de la cantidad vertida (Vm).

7.8.6.3. La prueba se calcula:

$$7.8.6.4. \text{ Volumen del sondeo } (Vm)$$

$$7.8.6.5. \text{ Peso Volumétrico del material húmedo } (PVmh) = ((Wm) / (Vm)) \times (1,000)$$

$$7.8.6.6. \text{ Peso Volumétrico del material seco } (PVms) = (PVmh) / (100 + (w_1)) \times (100); \text{ kg/m}^3$$

7.9. COMPACTACIÓN EN EL LUGAR

7.9.1. Una vez terminado calculado y determinado el peso volumétrico del material seco ($PVms$), se relaciona con el peso volumétrico seco máximo determinado en el laboratorio y de acuerdo con la energía de compactación establecida en las especificaciones del proyecto.

7.9.2. La prueba se calcula:

$$7.9.2.1. \text{ Peso Volumétrico del material seco } (PVms), \text{ determinado "in situ".}$$

$$7.9.2.2. \square_s = \text{Masa volumétrico seco en kg/m}^3, \text{ máximo determinado en el laboratorio.}$$

$$7.9.2.3. \% \text{ de compactación} = (PVms) / \square_s \times 100; \text{ con aproximación a la décima.}$$

7.10. EQUIVALENTE DE ARENA.

- 7.10.1. Obtener por cuarteo una porción de material y cribarlo por la malla N° 4.75 y se pesan aproximadamente 500 g secos.
- 7.10.2. Mezclar perfectamente el material y se llena una cápsula, golpeando su base sobre la mesa con el fin de acomodar las partículas y finalmente se enrasa.
- 7.10.3. Colocar la botella con solución de trabajo especificada a una altura de 91.5 + 2.6 cm sobre el nivel de la mesa de trabajo.
- 7.10.4. Instalar el sifón en la botella, el cual se llena soplando con el tubo corto y manteniendo abierta la pinza que esta prevista de un tubo largo.
- 7.10.5. Vaciar en la probeta solución de trabajo hasta una altura de 101.5 + 2.6 mm.
- 7.10.6. Colocar en la probeta la muestra previamente preparada, usando el embudo para evitar pérdida de material y se golpea firmemente varias veces la base de la probeta contra la palma de la mano para remover las burbujas de aire atrapado.
- 7.10.7. Dejar reposar la muestra durante 10 + 1 minutos, no moviéndola durante este tiempo por ningún motivo. A continuación se coloca el tapón de hule en la probeta y se afloja el material del fondo agitándola e inclinándola simultáneamente.
- 7.10.8. Agitar las probetas, para las cuales se sostienen por sus extremos para agitarlas vigorosamente con movimiento lineal horizontal hasta completar 90 ciclos en 30 segundos, con una carrera aproximada de 20 cm, para esto el operador deberá mover solamente los antebrazos.
- 7.10.9. Una vez efectuado el agitado se destapa la probeta, se coloca sobre la mesa y se introduce el tubo irrigador y se acciona de manera que al bajar, se vayan lavando las paredes de la probeta, se lleva el tubo hasta el fondo, efectuando simultáneamente un ligero picado al material. Esta acción tiene por objeto separar el material fino de las partículas gruesas con el fin de dejarlo en suspensión.
- 7.10.10. Sacar lentamente el irrigador de la probeta cuando el nivel del líquido llegue a 381 mililitros. Sin cortar el flujo de la solución de manera que el líquido se mantenga aproximadamente al mismo nivel.
- 7.10.11. Dejar reposar durante 20 minutos, contados a partir de cuando se haya extraído el tubo irrigador.
- 7.10.12. Transcurrido el tiempo se lee el nivel superior de los finos en suspensión, el cual se le llamará lectura de arcilla. Después de tomar la lectura, se introduce lentamente el plisón en la probeta hasta que su propio peso el plisón descansa en la fracción gruesa, cuando se detenga el plisón, se toma la lectura del nivel superior del indicador, se le resta 254 mm y la diferencia se registra como la lectura de arena.
- 7.10.13. Calcular el equivalente de arena con la siguiente fórmula:

$$EA = \frac{\text{Lectura de arena}}{\text{Lectura de arcilla}} \times 100$$

Donde:

EA= Equivalente de arena en por ciento.

- 7.10.14. Registrar esta prueba en la bitácora o reporte correspondiente.

7.11. VALOR CEMENTANTE.

- 7.11.1. Se prepara el equipo necesario para la prueba.
- 7.11.2. Se criba la muestra y se toman 3,000 g del material que pasa la malla No. 4.
- 7.11.3. En una charola se coloca el material y se le agrega la cantidad de agua necesaria para que el material alcance su humedad óptima de compactación de acuerdo al procedimiento correspondiente y se mezcla perfectamente.
- 7.11.4. Se pesan tres porciones iguales del material para fabricar, en los moldes, especímenes que tengan forma sensiblemente cúbica.
- 7.11.5. Se coloca el molde previamente engrasado sobre una base firme y horizontal.
- 7.11.6. De una de las porciones del material se toma una tercera parte y se vierte dentro del molde, compactándolo con 15 golpes.
- 7.11.7. Se repite la operación para las otras dos capas.
- 7.11.8. Se obtiene el peso húmedo y se anota en el registro.
- 7.11.9. Se repiten los puntos anteriores para las otras dos porciones de la muestra.
- 7.11.10. Se colocan los moldes, que contienen los especímenes, dentro del horno a una temperatura de 40 °C hasta que sea posible retirar el molde de los especímenes.

- 7.11.11. Se retira el molde de los especímenes y nuevamente se colocan las probetas dentro del horno a una temperatura de 105 ± 5 °C, hasta lograr que se sequen.
- 7.11.12. Una vez secos se sacan del horno y se dejan enfriar a temperatura ambiente.
- 7.11.13. Se obtiene el peso seco y las dimensiones de cada uno de los especímenes y se anotan en el registro.
- 7.11.14. Los especímenes se cabecean con azufre para tener la caras superior e inferior horizontales y paralelas.
- 7.11.15. Se colocan los especímenes en el marco de carga y se aplica una velocidad aproximada de deformación de 1.3 mm/min. hasta provocar la ruptura; se registra la carga máxima.
- 7.11.16. Se calcula la resistencia a la compresión sin confinar de cada uno de los especímenes, dividiendo la carga máxima entre el área transversal promedio y se reporta como valor cementante el promedio de las resistencias a la compresión sin confinar obtenidas en los tres especímenes.

7.12. RECURSOS.

7.12.1. Equipo y materiales.

7.12.1.1. Juego de mallas.

7.12.1.2. Charola

7.12.1.3. Agitador mecánico, en caso de usarse.

7.12.1.4. Vajilla.

7.12.1.5. Báscula o balanzas, con sensibilidad de 1, 0.1 y 0.01 g.

7.12.1.6. Cepillos, uno de cerda fina y uno de alambre.

7.12.1.7. Placa de vidrio y espátulas.

7.12.1.8. Piseta con agua.

7.12.1.9. Horno a temperatura constante de 110 ± 5 °C

7.12.1.10. Cápsulas de aluminio y/o vidrios de reloj.

7.12.1.11. Franela.

7.12.1.12. Copa de Casa grande.

7.12.1.13. Molde de contracción.

7.12.1.14. Vernier.

7.12.1.15. Molde.

7.12.1.16. Cucharón.

7.12.1.17. Molde Proctor de 4" ó 6" de diámetro.

7.12.1.18. Compactador o martillo de suelos.

7.12.1.19. Charola metálica.

7.12.1.20. Espátula.

7.12.1.21. Piseta.

7.12.1.22. Brocha

7.12.1.23. Cucharón metálico.

7.12.1.24. Cápsula de vidrio o aluminio.

7.12.1.25. Malla del No. 4, 3/8", 1/4".

7.12.1.26. Equipo Equivalente de arena.

7.12.1.27. Moldes para valor cementante, con pisón y guía

7.12.2. MANO DE OBRA:

7.12.2.1. Laboratorista.

7.12.2.2. Auxiliar de Laboratorio.

7.12.2.3. Supervisor ó Coordinador

7.12.2.4. Jefe de Laboratorio.

7.12.3. MATERIALES:

7.12.3.1. Franela o paño absorbente, estopa

7.12.3.2. Solución para equivalente de arena

7.12.3.3. Equipo de seguridad

7.12.3.4. Guantes de latex

7.12.3.5. Goggles

7.12.3.6. Guantes de carmaza

8. FORMATOS

- 8.1. Formato PHC-28 Pruebas en gravas SP-DP-LAB-PRO-0006 r01 A.1
- 8.2. Formato PHC-29 Pruebas en arena 1 SP-DP-LAB-PRO-0006 r01 A.2
- 8.3. Formato PHC-29 Pruebas en arena 2 SP-DP-LAB-PRO-0006 r01 A.3
- 8.4. Formato PHC-31 *Prueba de compactación dinámica (AASHTO) peso específico máximo. SP-DP-LAB-PRO-0016 r01 A-1
- 8.5. Formato PHC-32 *Pruebas de valores relativos y expansivos. SP-DP-LAB-PRO-0016 r01 A-02
- 8.6. Formato PHC- 35 *Determinación del grado de compactación de suelos en campo. SP-DP-LAB-PRO-0016 r01 A-03
- 8.7. Formato PHC-34 Informe pruebas de terracerías y capas de pavimento SP-DP-LAB-PRO-0016 r01 A-06

PRUEBA DE COMPACTACIÓN DINÁMICA (AABTTO) PESOS ESPECÍFICO

Revisión: "1"

Fecha de revisión: 31/08/03

Elaboro: VCH

PROYECTO :
UBICACIÓN :
SONDEO :
MUESTRA :
PROFUNDIDAD :
FECHA MUESTREO :
FECHA PRUEBA :
DESCRIPCIÓN :

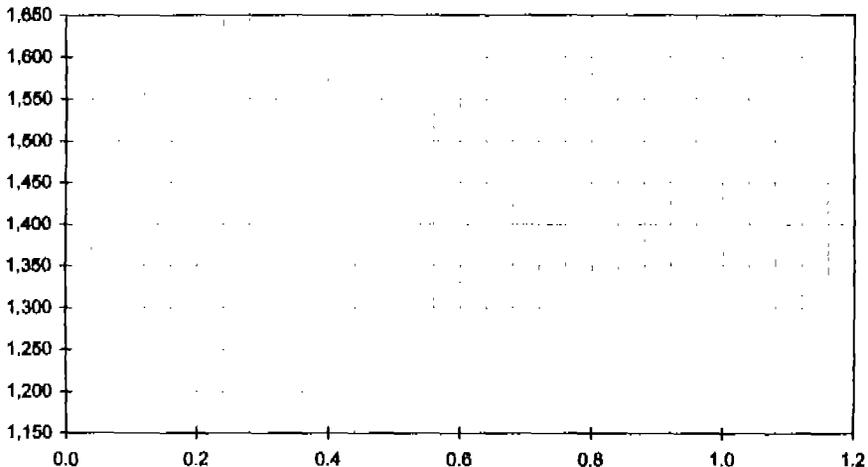
DATOS DEL EQUIPO:

Cilindro Nº			
Martillo Nº			
Peso Cilindro			g
Peso martillo			g
Vol. Cilindro (V)			cm ³
Altura de caída (H)			cm
Golpes por capa (n)			
Energía de compactación			kg-cm/cm ²

Espécimen	Tara	Peso Tara	Tara + Suelo húmedo	Tara + Suelo seco	Agua	Suelo seco	Contenido de agua	Cilindro + Suelo húmedo	Suelo húmedo	Suelo seco	Peso Especifico Seco
Nº	Nº	g	g	g	g	g	%	kg	kg	kg	kg/m ³
1											
2											
3											
4											
5											
6											

PESO ESPECÍFICO SECO MÁXIMO:
HUMEDAD ÓPTIMA:
CLASIFICACIÓN SUCS:

LÍMITE LÍQUIDO:
LÍMITE PLÁSTICO:
ÍNDICE DE PLÁSTICO:
CONTRACCIÓN LINEAL:



REFERENCIAS L-8 BCT 8.01.01.002-K AASHTO T-99	LUGAR	FECHA DE EMISIÓN	FOLIO CONSECUTIVO No.:
	EL LABORATORIO LANCO	CONTROL DE CALIDAD CIIBA	FORMATO No. PHC-31
	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	CONTROL DE ENTREGA:

PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE Y EXPANSIÓN

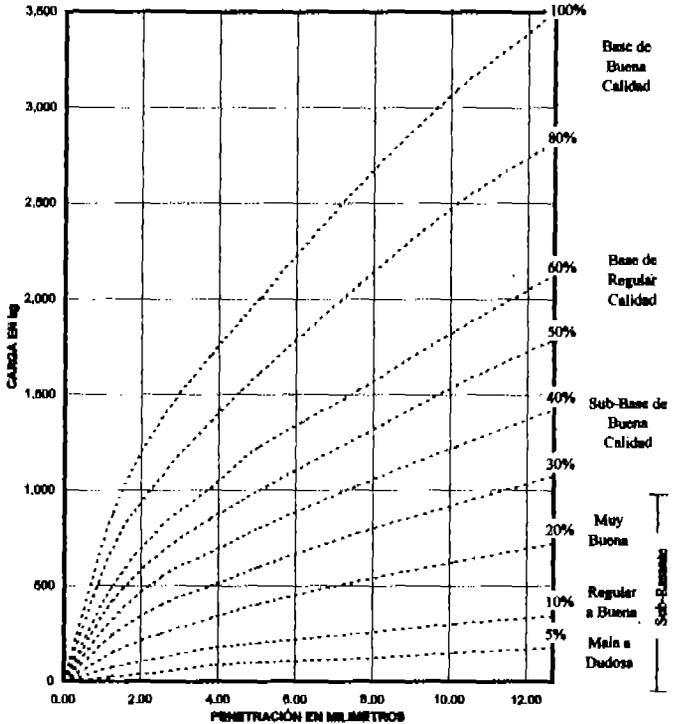
Revisión: "2" Fecha de revisión: 31/08/03 Elaboró: VCH

PROYECTO: P. H. "EL CAJÓN"	FECHA DE MUESTREO: 09-Oct-03	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: GRAVA ARCILLOSA
UBICACIÓN: CAMINO DE ACCESO	FECHA DE PRUEBA: 10-Oct-03	
CONSTRUCTORA: CECBA	MUESTRA No.: 1	
PROCEDENCIA: PRODUCTO DE EXCAVACIÓN km 32+880 DD		

EXPANSIÓN			PENETRACIÓN ESTÁNDAR							
LIC. INICIAL, mm	LIC. FINAL, mm	% EXPANSIÓN	PENETRACIÓN, mm	0	1,27	2,54	3,81	5,08	7,62	10,16
			LECTURA ANILLO							
			RESISTENCIA, kg							

PRUEBA PORTER

MOLDE No.	H
PESO MOLDE MÓL	
MATERIAL HÚMEDO, kg	11,840.0
PESO MOLDE, kg	7,840.0
PESO MATERIAL HÚMEDO, kg	4,000.0
DIÁMETRO MOLDE, cm	15.42
ÁREA MOLDE, cm ²	186.76
ALTURA MOLDE, cm	12.60
ALTURA	1 2.68
FALTANTE	2 2.68
cm	3 2.68
ALTURA, cm, CORREGIDA	9.82
VOLUMEN MOLDE, cm ³	2,334
VOLUMEN CORR, cm ³	1,834
HUMEDAD ÓPTIMA DEL MATERIAL	
TARA No.	2.00
TARA + MAT. HÚMEDO, g	660.60
PESO TARA, g	60.60
TARA + MAT. SECO, g	529.60
PESO AGUA, g	30.70
PESO MAT. SECO, g	469.30
% DE HUMEDAD	6.5



RESULTADOS OBTENIDOS

PESO ESPECÍFICO HÚMEDO, kg/m ³ :	2,181	VALOR RELATIVO	
PESO ESPECÍFICO SECO MÁXIMO, kg/m ³ :	2,047	DE SOPORTE, %:	
HUMEDAD ÓPTIMA, %:	6.5	EXPANSIÓN, %:	

REFERENCIAS	LUGAR	FECHA DE EMISIÓN	FOLIO CONSECUTIVO No.
L-4 8CT	LABORATORIO LANCO-SAMAD	10-Oct-03	LANCO-001
	LABORATORIO	CONTROL DE CALIDAD CISA	FORMATO No.
			PHC-32
	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	CONTROL DE ENTREGA:
			Oct-03

INFORME PRUEBAS DE TERRACERÍAS Y CAPAS DE PAVIMENTO

Revisión: 00 Fecha de revisión: 31/08/03 Elaboró: VCH

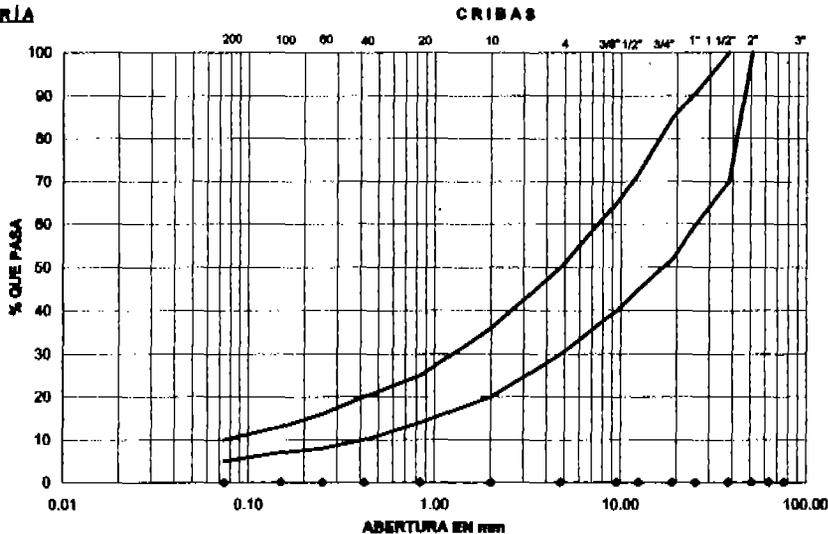
TRAMO: _____ LUGAR DE MUESTREO: _____
 MUESTRA N°: _____ CANTIDAD DE MATERIAL RECIBIDO: _____
 FECHA DE MUESTREO: _____ MATERIAL: _____
 PROCEDENCIA: _____ TAMAÑO: _____
 TRATAMIENTO: _____

PRUEBA	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN	PRUEBA	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN
MATERIAL DE 3/8"			MATERIAL PASA MALLA No. 40		
GRAVEDAD ESPECÍFICA BECA			LÍMITE LÍQUIDO, %		
ABSORCIÓN, %			LÍMITE PLÁSTICO, %		
VALOR RELATIVO DE SOPORTE, %			ÍNDICE PLÁSTICO, %		
EXPANSIÓN, %			CONTRACCIÓN LINEAL, %		
VALOR CEMENTANTE, kg/m ³			EQUIVALENTE DE ARENA, %		
ÍNDICE DE DURABILIDAD, %			HUMEDAD NATURAL, %		
PESO ESPECÍFICO MÁXIMO, kg / m ³ PROCTOR			CLASIFICACIÓN SUCS		
HUMEDAD ÓPTIMA, %			GRANULOMETRÍA		
PESO ESPECÍFICO SECO SUELO, kg/m ³			ZONA GRANULOMÉTRICA SCT		
ABUNDAMIENTO (del Banco a Suelo)			DESPERDICIO, %		

GRANULOMETRÍA

CRIBA	mm	% QUE PASA
3"	76.10	
2 1/2"	63.00	
2"	50.80	
1 1/2"	38.10	
1"	25.40	
3/4"	19.00	
1/2"	12.50	
3/8"	9.51	
No. 4	4.75	
No. 10	2.00	
No. 20	0.841	
No. 40	0.420	
No. 60	0.250	
No. 100	0.150	
No. 200	0.074	

OBSERVACIONES:



LUGAR:		FECHA:		
REFERENCIAS:	EL LABORATORIO LANCO	CONTROL DE CALIDAD CISA	SUPERVISIÓN PYPBA	FOLIO CONSECUTIVO
LIBRO 4 SCT				FORMATO No.
LIBRO 6 SCT				PMC-34
CPE				CONTROL ENTRADA:
	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	

DETERMINACION DEL GRADO DE COMPACTACION DE SUELOS EN CAMPO

Revisión: "1"

Fecha de revisión: 31/08/03

Elabora: VCH

FECHA DE MUESTRO	FECHA DE PRUEBA:	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:
UBICACIÓN:	CAPA:	
TRAMO:	GALA:	

DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO HÚMEDO

QALA No.:									
PROFUNDIDAD, cm:									
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN CON ARENA									
PESO INICIAL DE ARENA, kg:									
PESO FINAL DE ARENA, kg:									
PESO ESPECÍFICO DE ARENA kg/m ³									
VOLUMEN DE ARENA, dm ³ CON AGUA									
VOLUMEN OCUPADO DE AGUA, dm ³									
PESO MATERIAL EXCAVADO, kg:									
PESO ESPECÍFICO HÚMEDO, kg/m ³									

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DEL LUGAR

TARA No.:									
PESO TARA + MATERIAL HÚMEDO, g:									
PESO TARA + MATERIAL SECO, g:									
PESO DE AGUA, g:									
PESO DE TARA, g:									
PESO MATERIAL SECO, g:									
HUMEDAD, %:									

GRADO DE COMPACTACIÓN DEL LUGAR

PESO ESPECÍFICO SECO, kg/m ³ :									
PESO ESPECÍFICO SECO MÁXIMO, kg/m ³ :									
% DE COMPACTACIÓN:									
% DE COMPACTACIÓN ESPECIFICADO:									
LOCALIZACIÓN:									

OBSERVACIONES:

REFERENCIAS:	LUGAR	FECHA DE EMISIÓN	FOLIO CONSECUTIVO No.
L-8 SCT	EL LABORATORIO LANCO	CONTROL DE CALIDAD CISA	FORMATO No. PHC-35
	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	CONTROL DE ENTREGA :

ANEXO A2-3

**PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS EN MEZCLAS MARSHALL PARA
PAVIMENTOS. CLAVE: SP-DP-LAB-PRO-0017-r01**

**FORMATO PHC-45 PRUEBA MARSHALL: REGISTRO Y CÁLCULO
FORMATO PHC-45 DISEÑO MARSHALL DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
TABLA DE FACTOR DE CORRECCIÓN PARA DIFERENTES ALTURAS DE
ESPECÍMENES**

**PROCEDIMIENTO PARA PRUEBAS EN MEZCLAS MARSHALL PARA PAVIMENTOS.
(CLAVE: SP-DP-LAB-PRO-0017-r01)**

1. OBJETIVO.

1.1. Diseñar y realizar el control de mezclas asfálticas hechas en caliente utilizando cemento asfáltico y agregados pétreos determinando los valores de estabilidad y flujo.

2. CAMPO DE APLICACIÓN.

2.1. Aplica en el diseño de carpetas asfálticas hechas en planta estacionaria y en caliente.

3. INFORMACIÓN TÉCNICA Y REFERENCIAS APLICABLES.

Normas S.C.T. Libro 4 .01. 03.

4. DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA.

4.1. Estabilidad: es la resistencia estructural de la mezcla asfáltica compactada.

4.2. Flujo: es la deformación requerida en el sentido en diámetro del espécimen de mezclas asfálticas para producir su fractura.

4.3. Mezcla Asfáltica: es el producto obtenido mediante la incorporación y distribución uniforme de un material asfáltico y uno pétreo.

4.4. Cemento Asfáltico.- es el asfalto obtenido por un proceso de destilación de petróleo para eliminar a este sus solventes volátiles y parte de los aceites.

5. RESPONSABILIDADES.

5.1. Es responsabilidad del Laboratorista la correcta ejecución de este procedimiento y del almacenamiento de los desechos que se generan dentro de este proceso.

5.2. Es responsabilidad del Jefe de Laboratorio y/o coordinador de laboratorio verificar la correcta aplicación de este procedimiento.

6. ANTECEDENTES.

6.1. Se debe verificar que se cuente con el equipo necesario para la correcta realización del presente procedimiento.

6.2. Es necesario contar con las especificaciones del proyecto antes de llevar a cabo el diseño de la mezcla

7. PROCEDIMIENTOS.

7.1. Filjada la granulometría de la mezcla asfáltica se determinara el porcentaje en peso de los tamaños en que ha sido separado previamente el material pétreo.

7.2. Para cada contenido de asfaltos se fabrican tres (3) especímenes, cada uno requiere aproximadamente 1200gr. De agregado pétreo.

7.3. Cada uno de los tamaños retenidos y pesados, se mezclarán previamente a la adición del cemento asfáltico.

7.4. La cantidad de cemento asfáltico que deberá agregarse a cada muestra se calculara sobre la base del contenido mínimo de asfalto.

No deberá de omitirse la corrección para el caso de los cementos asfálticos que tienen un menor poder de cubrimiento que los asfaltos rebajados, estas cantidades de cemento asfáltico deberán corresponder a los siguientes porcentajes:

Contenido calculado -1%.

Contenido calculado neto.

Contenido Calculado + 0.5%.

Contenido Calculado + 1.0%.

Contenido Calculado + 1.5%.
Contenido Calculado + 2.0 %.

7.4.1. Se mezclarán los agregados y el cemento asfáltico calentados previamente a 175° C, hasta obtener una distribución uniforme del asfalto.

7.4.2. La temperatura de la mezcla no deberá ser menor de cien grados centígrados (100° C) al momento de elaborar el espécimen.

7.5. Para compactar la mezcla asfáltica se procederá en la forma siguiente:

7.5.1 El piñón de compactación y el molde se calentará en un baño de agua hirviendo.

7.5.2 Se apoyará el piñón sobre la mezcla y se aplicarán cincuenta golpes con la pesa deslizante.

7.5.3 Se invierte la porción del molde, se colocará el collarín y se aplicarán otros 50 golpes en el espécimen.

7.5.4 Se removerá el collarín y la placa base, y el molde con su contenido se sumergirá en agua fría por un tiempo mínimo de 2 minutos.

7.5.5 Los especímenes compactados deberán, tener una altura de 63.5 mm (2 1/2"), con una tolerancia de 3.2mm(1/8") y en caso contrario deberá de repetirse el proceso.

7.5.6 La prueba de los especímenes comprende la determinación del peso volumétrico y de los valores de estabilidad y de flujo.

7.6. Los valores de estabilidad y flujo se obtendrán ensayando los especímenes en el aparato Marshall siguiendo el procedimiento que a continuación se describe:

7.6.1 Se sumerge el espécimen en el tanque de saturación con el agua a la temperatura de 60° C con medio grado de tolerancia y se mantendrá esta condición durante 20 y 30 minutos.

7.6.2 Se ajustará a (0) cero el extensómetro del anillo de carga.

7.6.3 Se coloca el espécimen ya secado entre las dos secciones de la cabeza de prueba y se centrará el conjunto de la máquina de compresión.

7.6.4 Se colocará el medidor del flujo en el poste guía y se ajustará a cero la carátula.

7.7. Se aplicará la carga al espécimen a una velocidad de 50 mm sobre minuto hasta que la falla del espécimen ocurra la carga máxima aplicada para producir la falla del espécimen a la temperatura de 60 °C se deberá de registrar como el valor de estabilidad Marshall, mientras la prueba se lleve a efecto se deberá de sostener firmemente el medidor de flujo sobre el poste guía y se removerá tan pronto se haya aplicado la carga máxima anotándose la determinación producida por el espécimen. Esta lectura en milímetros expresa el valor de flujo.

7.8. Se corregirá los valores de la estabilidad de los especímenes que no tengan la altura especificada de (63.5 mm) sesenta y tres y medio milímetros multiplicando los valores obtenidos por los factores de corrección que se dan en la siguiente tabla:

ALTURA DEL ESPÉCIMEN Mm	FACTOR DE CORRECCION	ALTURA DEL ESPÉCIMEN EN mm	FACTOR DE CORRECCIÓN
65	1.27	63.5	1.00
56	1.23	64.0	0.98
57	1.20	65.0	0.96
58	1.16	66.0	0.94
59	1.13	67.0	0.92
60	1.10	68.0	0.90
61	1.07	69.0	0.88
62	1.04	70.0	0.86
63	10.1	71.0	0.84

7.9. Se dibujaran las graficas siguientes:

7.9.1. Peso volumétrico – contenido de asfalto.

7.9.2. Estabilidad – contenido de asfalto.

7.9.3. Flujo – contenido de asfalto

7.9.4. Porcentaje de vacíos – contenido de asfalto

7.9.5. Huecos ocupados por asfaltos (Vo) - contenido de asfalto.

7.10. El valor del flujo. Se promediaran los valores de estabilidad y flujo de los 3 especímenes deblendo desecharse para el cálculo el valor que discrepe notablemente. La prueba anteriormente descrita deberá complementarse dentro de un periodo de treinta segundos (30 segundos) contados a partir del momento en que los especímenes sea sacados del tanque de saturación.

7.11. La determinación del porcentaje optimo de asfaltos se hará de acuerdo con el anterior que continuación se indica:

7.12. Se calculara el promedio del peso volumétrico de los especímenes de prueba elaborados con un mismo porcentaje de asfalto.

7.13. Se calculara la densidad teórica máxima y el porcentaje de vacíos para cantidad y contenido de asfaltos.

7.14. Se calculara la relación entre el volumen ocupado por el asfalto y el volumen total de huecos que existiría si el material pétreo del espécimen no contuviera asfalto se utilizara la siguiente formula:

$$Vo. = \frac{Dr. X Pa X Pv}{100 Dr X Da - (100 - Pa) Py X Da.}$$

$$Vo. = \frac{\text{volumen de asfalto}}{\text{Vol. Total de huecos.}}$$

Donde:

Dr. = Densidad relativa aparente del material pétreo.

Pv = Peso volumétrico del espécimen (gr./cm³)

Da. = Densidad relativa del concreto asfáltico.

Pa. = Porcentaje del concreto asfáltico con relación al peso de la muestra.

7.15. EQUIPO:

7.15.1. EQUIPO Y MATERIALES.

7.15.1.1. Un molde de compactación provisto de un collarín y una placa base.

7.15.1.2. Un sostén de moldes de compactación

7.15.1.3. Un pistón de compactación.

7.15.1.4. Una maquina de compresión Marshall.

7.15.1.5. Un extensómetro.

7.15.1.6. Un medidor de flujo.

7.15.1.7. Tanque de saturación.

7.15.1.8. Varilla eléctrica.

7.15.1.9. Charola de lamina

7.15.1.10. Cucharas de lamina

7.15.1.11. Termómetro blindado (10 – 200° C) Balanza Cáp. 20 kg. Sensibilidad 1 gr.

7.15.1.12. Cuchara de alfiler.

7.15.1.13. Espátula

7.15.2. MANO DE OBRA:

7.15.2.1. Laboratorista.

7.15.2.2. Auxiliar de Laboratorio.

7.15.2.3. Supervisor ó Coordinador

7.15.2.4. Jefe de Laboratorio.

7.15.3. MATERIALES:

7.15.3.1. Botas

7.15.3.2. Guantes de camaza

7.15.3.3. Faja

7.15.3.4. Lentes de seguridad

7.15.3.5. Guantes látex

7.15.3.6. Goggles

8. FORMATOS

8.1. Formato PHC-45 "Diseño y prueba Marshall. SP-DP-LAB-PRO-0017 r01 A 01

PRUEBA MARSHALL: REGISTRO Y CÁLCULO

Revisión: 2	Fecha de revisión: 31/08/03	Elaboro: VCH
OBRA:	MATERIALES:	FECHA DE MUESTREO:
UBICACIÓN:	GRAVA:	FECHA DE PRUEBA:
CONSTRUCTORA:	ARENA:	MUESTRA No.:

Nº	% CEMENTO ASFÁLTICO		PESOS g		VOLUMEN cm³	PESO	PESO	PROPORCIONES VOLUMEN			VACIOS %		ESTABILIDAD kg				FLUJO mm
	AL AGREGADO	A LA MEZCLA	EN AIRE	SUMER GIDO		ESPECÍFICO VOLUMÉTRICO t/m³	TEÓRICO t/m³	CEMENTO ASFÁLTICO %	MATERIAL PÉTRICO %	VACÍOS %	VAM	LLENADOS DE CEMENTO ASFÁLTICO	LECTURA ANILLO	ALTURA ESPECÍMEN cm	DEBILIDAD SIN CORREGIR	FACTOR DE CORRECCION	

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
	c-d				e(100)	f	g	h	(100-b)/Sp	100-h-i	100-l	(h/k) 100					e x p	
1	4.2	4.94	1281.5	894.5	894.5	2.184		8.45	81.37	10.18	88.85	48.34		7.4	1.868	0.982	1788	2.88
	4.2	4.94	1284.5	894.5	891.5	2.178		8.65	82.18	8.29	17.82	47.88		7.3	1.868	0.982	1788	2.82
	PROMEDIO						2.184				8.74	18.25						1788
2	4.7	4.98	1284.5	894.5	899.5	2.219		8.88	83.48	8.88	18.88	88.87		7.8	1.868	0.982	1838	3.48
	4.7	4.98	1277.5	888.5	891.5	2.188		8.45	81.17	8.48	18.85	88.58		7.4	1.868	0.982	1888	3.77
	PROMEDIO						2.188				8.13	17.88						1888
3	8.2	4.94	1313.5	718.5	897.5	2.188		16.88	82.27	7.18	17.75	88.88		7.3	2.047	0.982	2831	3.82
	8.2	4.94	1306.5	713.5	891.5	2.288		16.88	82.87	8.88	17.45	88.75		7.2	1.861	0.982	1846	3.23
	PROMEDIO						2.282				7.81	17.88						1888
4	8.7	8.38	1317.5	722.5	894.5	2.213		11.88	82.44	8.87	17.88	88.81		7.3	1.868	0.982	1884	3.47
	8.7	8.38	1318.5	718.5	898.5	2.282		11.85	82.82	8.45	17.88	84.14		7.2	1.868	0.982	1888	3.68
	PROMEDIO						2.288				8.21	17.77						1788
5	8.2	8.84	1328.0	737.5	898.5	2.248		12.78	83.37	3.88	18.85	78.88		7.1	1.748	0.982	1732	4.14
	8.2	8.84	1330.5	733.5	897.5	2.228		12.85	82.88	4.78	17.41	72.82		7.2	1.868	0.982	1878	3.11
	PROMEDIO						2.228				4.33	17.82						1884

REFERENCIAS:	NOTAS:	LUGAR:	FECHA DE EMISION:	FOLIO CONSECUTIVO No.
LIBRO 8 SCT	GRAVEDAD ESPECIFICA DE AGREGADOS, Sp; GRAVEDAD ESPECIFICA DE CEMENTO ASFÁLTICO, Sca; PESO = 100 VOLUMÉTRICO = $\frac{\% C.A.}{S.C.A.} + \frac{\% M.P.}{Sp}$ TEÓRICO	ELABORO	REVISO	FORMATO No. PHC-48
		NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	CONTROL DE ENTREGA: 8

Procedimiento Operativo de Control de Calidad Sistema de Gestión

Revisión: "2" Fecha de revisión: 31/08/03 Elaboro: VCH

OBRA: _____ MATERIALES: _____ FECHA DE MUESTREO: _____
 UBICACIÓN: _____ GRAVA: _____ FECHA DE PRUEBA: _____
 CONSTRUCTORA: _____ ARENA: _____ MUESTRA No.: _____

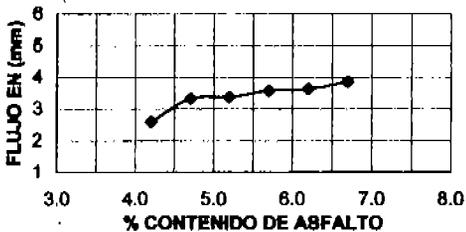
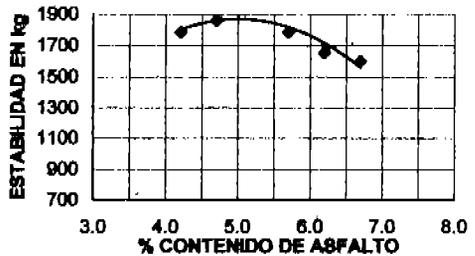
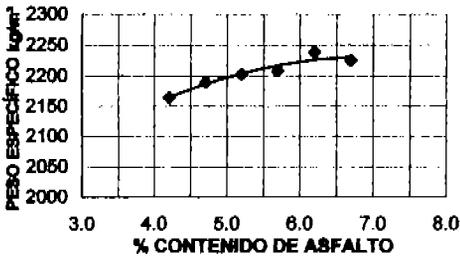
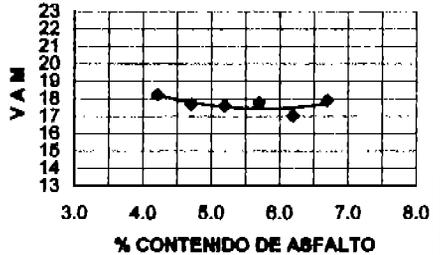
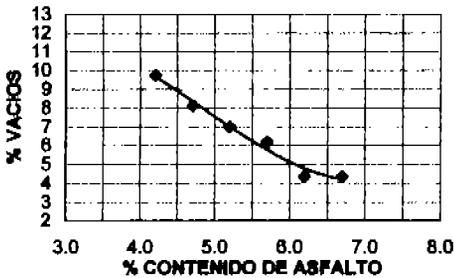
N° PRUEBA	% CEMENTO ASFÁLTICO		PESOS g		VOLUMEN cm³	PESO ESPECÍFICO VOLUMÉTRICO t/m³	PESO VOLUMÉTRICO TEÓRICO t/m³	PROPORCIONES VOLUMEN			VACÍOS %		ESTABILIDAD kg				FLUJO mm
	AL AGREGADO	A LA MEZCLA	EN AIRE	SUMER- GIDO				CEMENTO %	MATERIAL		LLENADOS DE CEMENTO ASFÁLTICO	LECTURA ANILLO	ALTURA ESPECÍMEN cm	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	FACTOR DE CORRECCIÓN	ESTABILIDAD CORREGIDA	
									PÉTRO	VACÍOS							

N°	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
	6.7	6.28	1344.5	743.5	601.0	2.237	13.84	82.54	3.82	17.46	73.13	7.1	1.516	0.992	1883	3.82		
																	c-d	e(100)
6	6.7	6.28	1350.0	740.0	610.0	2.213	13.49	81.86	4.95	18.34	72.88	7.2	1.788	0.992	1884	3.90		
	PROMEDIO					2.228			4.33	17.80							1888	3.86
7	PROMEDIO					0			0.00	0.00							0	0.00
8	PROMEDIO					0			0.00	0.00							0	0.00
9	PROMEDIO																	

REFERENCIAS: LIBRO 8 SCT	NOTAS:	GRAVEDAD ESPECÍFICA DE AGREGADOS, Sp: 2.64	LUGAR:	FECHA DE EMISIÓN:	FOLIO CONSECUTIVO No.:
		GRAVEDAD ESPECÍFICA DE CEMENTO ASFÁLTICO, Sc: 1.83	ELABORÓ:	REVISÓ:	FORMATO No. PHC-48
		$\text{PESO} = \frac{100}{\frac{\% \text{ C.A.}}{\text{S.C.A.}} + \frac{\% \text{ M.P.}}{\text{Sp}}}$	NOMBRE Y FIRMA:	NOMBRE Y FIRMA:	CONTROL DE ENTREGA:

INFORME DISEÑO MARSHALL DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

OBRA: _____	FECHA DE PRUEBA: _____
UBICACIÓN: _____	PROCEDENCIA: _____
CONSTRUCTORA: _____	MUESTREADO EN: _____
MUESTRA No.: _____	PARA USARSE EN: _____
FECHA DE MUESTREO: _____	DESCRIPCIÓN: _____



VALORES MARSHALL		
PRUEBA	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN
PESO ESPECÍFICO MARSHALL, kg/m³	2,230	
VACIOS, %	4.3	3 a 6
V A M, %	17.6	14 Mínimo
ESTABILIDAD, kg	1360	700 Mínimo
FLUJO, mm	3.8	2 a 4
CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO, %	6.50	EN PESO
	6.10	EN MEZCLA
GOLPES POR CARA	76	76
TEMPERATURA, °C	130	

REFERENCIAS LIBRO 4 y 6 SCT	LUGAR	FECHA DE EMISIÓN	FOLIO CONSECUTIVO No.
	EL LABORATORIO	EL CLIENTE	FORMATO No. PHC-45
	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	CONTROL DE ENTREGA:

ANEXO A4-1

PROGRAMA DE PRUEBAS POR EJECUTAR

ANEXO A5-1

**LARGILLO DE AVANCE .- GRÁFICA DE CALIDAD DE SUBBASE, BASE,
RIEGOS DE IMPREGNACIÓN, RIEGOS DE LIGA, CARPETA Y SELLO.**

OSMA: CAMINO DE ACCESO AL P.L. CALON
GRAFICA DE CALIDAD SUBBASE: BASE, RECOR DE IMPREGNACION,
RECOR DE LISA, CARRETA Y BELLIO

SECCION CONSTRUCTIVA
GENERAL IMPREGNACION

OSMA

ANEXO A-5-1

CAPA SUBSTRANTE	CONTRATACION Y EJECUCION		RECOR DE LISA		RECOR DE IMPREGNACION		CARRETA Y BELLIO	
	1	2	1	2	1	2	1	2
CONTRATACION Y EJECUCION								
RECOR DE LISA								
RECOR DE IMPREGNACION								
CARRETA Y BELLIO								
CONTRATACION Y EJECUCION								
RECOR DE LISA								
RECOR DE IMPREGNACION								
CARRETA Y BELLIO								

KILOMETRAJE	CONTRATACION Y EJECUCION		RECOR DE LISA		RECOR DE IMPREGNACION		CARRETA Y BELLIO	
	1	2	1	2	1	2	1	2
7+000								
7+100								
7+200								
7+300								
7+400								
7+500								
7+600								
7+700								
7+800								
7+900								
8+000								
8+100								
8+200								
8+300								
8+400								
8+500								
8+600								
8+700								
8+800								
8+900								
9+000								
9+100								
9+200								
9+300								
9+400								
9+500								
9+600								
9+700								
9+800								
9+900								
10+000								
10+100								
10+200								
10+300								
10+400								
10+500								
10+600								
10+700								
10+800								
10+900								
11+000								
11+100								
11+200								
11+300								
11+400								
11+500								
11+600								
11+700								
11+800								
11+900								
12+000								
12+100								
12+200								
12+300								
12+400								
12+500								
12+600								
12+700								
12+800								
12+900								
13+000								
13+100								
13+200								
13+300								
13+400								
13+500								
13+600								
13+700								
13+800								
13+900								
14+000								

NOTA:
 1) Los datos suministrados en este informe son de carácter informativo y no constituyen un contrato.
 2) Toda obra deberá ser ejecutada de acuerdo a las especificaciones técnicas y a las normas vigentes.
 3) El contratista deberá garantizar la calidad de los materiales y la ejecución de la obra.
 4) El contratista deberá mantener a lo largo de toda la obra un adecuado control de calidad.

LEYENDA:
 1. L
 2. A
 3. B
 4. C
 5. D
 6. E
 7. F
 8. G
 9. H
 10. I
 11. J
 12. K
 13. L
 14. M
 15. N
 16. O
 17. P
 18. Q
 19. R
 20. S
 21. T
 22. U
 23. V
 24. W
 25. X
 26. Y
 27. Z
 28. AA
 29. AB
 30. AC
 31. AD
 32. AE
 33. AF
 34. AG
 35. AH
 36. AI
 37. AJ
 38. AK
 39. AL
 40. AM
 41. AN
 42. AO
 43. AP
 44. AQ
 45. AR
 46. AS
 47. AT
 48. AU
 49. AV
 50. AW
 51. AX
 52. AY
 53. AZ
 54. BA
 55. BB
 56. BC
 57. BD
 58. BE
 59. BF
 60. BG
 61. BH
 62. BI
 63. BJ
 64. BK
 65. BL
 66. BM
 67. BN
 68. BO
 69. BP
 70. BQ
 71. BR
 72. BS
 73. BT
 74. BU
 75. BV
 76. BV
 77. BW
 78. BX
 79. BY
 80. BZ
 81. CA
 82. CB
 83. CC
 84. CD
 85. CE
 86. CF
 87. CG
 88. CH
 89. CI
 90. CJ
 91. CK
 92. CL
 93. CM
 94. CN
 95. CO
 96. CP
 97. CQ
 98. CR
 99. CS
 100. CT
 101. CU
 102. CV
 103. CW
 104. CX
 105. CY
 106. CZ
 107. DA
 108. DB
 109. DC
 110. DD
 111. DE
 112. DF
 113. DG
 114. DH
 115. DI
 116. DJ
 117. DK
 118. DL
 119. DM
 120. DN
 121. DO
 122. DP
 123. DQ
 124. DR
 125. DS
 126. DT
 127. DU
 128. DV
 129. DW
 130. DX
 131. DY
 132. DZ
 133. EA
 134. EB
 135. EC
 136. ED
 137. EE
 138. EF
 139. EG
 140. EH
 141. EI
 142. EJ
 143. EK
 144. EL
 145. EM
 146. EN
 147. EO
 148. EP
 149. EQ
 150. ER
 151. ES
 152. ET
 153. EU
 154. EV
 155. EW
 156. EX
 157. EY
 158. EZ
 159. FA
 160. FB
 161. FC
 162. FD
 163. FE
 164. FF
 165. FG
 166. FH
 167. FI
 168. FJ
 169. FK
 170. FL
 171. FM
 172. FN
 173. FO
 174. FP
 175. FQ
 176. FR
 177. FS
 178. FT
 179. FU
 180. FV
 181. FW
 182. FX
 183. FY
 184. FZ
 185. GA
 186. GB
 187. GC
 188. GD
 189. GE
 190. GF
 191. GG
 192. GH
 193. GI
 194. GJ
 195. GK
 196. GL
 197. GM
 198. GN
 199. GO
 200. GP
 201. GQ
 202. GR
 203. GS
 204. GT
 205. GU
 206. GV
 207. GW
 208. GX
 209. GY
 210. GZ
 211. HA
 212. HB
 213. HC
 214. HD
 215. HE
 216. HF
 217. HG
 218. HH
 219. HI
 220. HJ
 221. HK
 222. HL
 223. HM
 224. HN
 225. HO
 226. HP
 227. HQ
 228. HR
 229. HS
 230. HT
 231. HU
 232. HV
 233. HW
 234. HX
 235. HY
 236. HZ
 237. IA
 238. IB
 239. IC
 240. ID
 241. IE
 242. IF
 243. IG
 244. IH
 245. II
 246. IJ
 247. IK
 248. IL
 249. IM
 250. IN
 251. IO
 252. IP
 253. IQ
 254. IR
 255. IS
 256. IT
 257. IU
 258. IV
 259. IW
 260. IX
 261. IY
 262. IZ
 263. JA
 264. JB
 265. JC
 266. JD
 267. JE
 268. JF
 269. JG
 270. JH
 271. JI
 272. JJ
 273. JK
 274. JL
 275. JM
 276. JN
 277. JO
 278. JP
 279. JQ
 280. JR
 281. JS
 282. JT
 283. JU
 284. JV
 285. JW
 286. JX
 287. JY
 288. JZ
 289. KA
 290. KB
 291. KC
 292. KD
 293. KE
 294. KF
 295. KG
 296. KH
 297. KI
 298. KJ
 299. KK
 300. KL
 301. KM
 302. KN
 303. KO
 304. KP
 305. KQ
 306. KR
 307. KS
 308. KT
 309. KU
 310. KV
 311. KW
 312. KX
 313. KY
 314. KZ
 315. LA
 316. LB
 317. LC
 318. LD
 319. LE
 320. LF
 321. LG
 322. LH
 323. LI
 324. LJ
 325. LK
 326. LL
 327. LM
 328. LN
 329. LO
 330. LP
 331. LQ
 332. LR
 333. LS
 334. LT
 335. LU
 336. LV
 337. LW
 338. LX
 339. LY
 340. LZ
 341. MA
 342. MB
 343. MC
 344. MD
 345. ME
 346. MF
 347. MG
 348. MH
 349. MI
 350. MJ
 351. MK
 352. ML
 353. MN
 354. MO
 355. MP
 356. MQ
 357. MR
 358. MS
 359. MT
 360. MU
 361. MV
 362. MW
 363. MX
 364. MY
 365. MZ
 366. NA
 367. NB
 368. NC
 369. ND
 370. NE
 371. NF
 372. NG
 373. NH
 374. NI
 375. NJ
 376. NK
 377. NL
 378. NM
 379. NO
 380. NP
 381. NQ
 382. NR
 383. NS
 384. NT
 385. NU
 386. NV
 387. NW
 388. NX
 389. NY
 390. NZ
 391. OA
 392. OB
 393. OC
 394. OD
 395. OE
 396. OF
 397. OG
 398. OH
 399. OI
 400. OJ
 401. OK
 402. OL
 403. OM
 404. ON
 405. OO
 406. OP
 407. OQ
 408. OR
 409. OS
 410. OT
 411. OU
 412. OV
 413. OW
 414. OX
 415. OY
 416. OZ
 417. PA
 418. PB
 419. PC
 420. PD
 421. PE
 422. PF
 423. PG
 424. PH
 425. PI
 426. PJ
 427. PK
 428. PL
 429. PM
 430. PN
 431. PO
 432. PP
 433. PQ
 434. PR
 435. PS
 436. PT
 437. PU
 438. PV
 439. PW
 440. PX
 441. PY
 442. PZ
 443. QA
 444. QB
 445. QC
 446. QD
 447. QE
 448. QF
 449. QG
 450. QH
 451. QI
 452. QJ
 453. QK
 454. QL
 455. QM
 456. QN
 457. QO
 458. QP
 459. QQ
 460. QR
 461. QS
 462. QT
 463. QU
 464. QV
 465. QW
 466. QX
 467. QY
 468. QZ
 469. RA
 470. RB
 471. RC
 472. RD
 473. RE
 474. RF
 475. RG
 476. RH
 477. RI
 478. RJ
 479. RK
 480. RL
 481. RM
 482. RN
 483. RO
 484. RP
 485. RQ
 486. RR
 487. RS
 488. RT
 489. RU
 490. RV
 491. RW
 492. RX
 493. RY
 494. RZ
 495. SA
 496. SB
 497. SC
 498. SD
 499. SE
 500. SF
 501. SG
 502. SH
 503. SI
 504. SJ
 505. SK
 506. SL
 507. SM
 508. SN
 509. SO
 510. SP
 511. SQ
 512. SR
 513. SS
 514. ST
 515. SU
 516. SV
 517. SW
 518. SX
 519. SY
 520. SZ
 521. TA
 522. TB
 523. TC
 524. TD
 525. TE
 526. TF
 527. TG
 528. TH
 529. TI
 530. TJ
 531. TK
 532. TL
 533. TM
 534. TN
 535. TO
 536. TP
 537. TQ
 538. TR
 539. TS
 540. TT
 541. TU
 542. TV
 543. TW
 544. TX
 545. TY
 546. TZ
 547. UA
 548. UB
 549. UC
 550. UD
 551. UE
 552. UF
 553. UG
 554. UH
 555. UI
 556. UJ
 557. UK
 558. UL
 559. UM
 560. UN
 561. UO
 562. UP
 563. UQ
 564. UR
 565. US
 566. UT
 567. UY
 568. UZ
 569. VA
 570. VB
 571. VC
 572. VD
 573. VE
 574. VF
 575. VG
 576. VH
 577. VI
 578. VJ
 579. VK
 580. VL
 581. VM
 582. VN
 583. VO
 584. VP
 585. VQ
 586. VR
 587. VS
 588. VT
 589. VU
 590. VV
 591. VW
 592. VX
 593. VY
 594. VZ
 595. WA
 596. WB
 597. WC
 598. WD
 599. WE
 600. WF
 601. WG
 602. WH
 603. WI
 604. WJ
 605. WK
 606. WL
 607. WM
 608. WN
 609. WO
 610. WP
 611. WQ
 612. WR
 613. WS
 614. WT
 615. WY
 616. WZ
 617. XA
 618. XB
 619. XC
 620. XD
 621. XE
 622. XF
 623. XG
 624. XH
 625. XI
 626. XJ
 627. XK
 628. XL
 629. XM
 630. XN
 631. XO
 632. XP
 633. XQ
 634. XR
 635. XS
 636. XT
 637. XU
 638. XV
 639. XW
 640. XX
 641. XY
 642. XZ
 643. YA
 644. YB
 645. YC
 646. YD
 647. YE
 648. YF
 649. YG
 650. YH
 651. YI
 652. YJ
 653. YK
 654. YL
 655. YM
 656. YN
 657. YO
 658. YP
 659. YQ
 660. YR
 661. YS
 662. YT
 663. YU
 664. YV
 665. YW
 666. YX
 667. YY
 668. YZ
 669. ZA
 670. ZB
 671. ZC
 672. ZD
 673. ZE
 674. ZF
 675. ZG
 676. ZH
 677. ZI
 678. ZJ
 679. ZK
 680. ZL
 681. ZM
 682. ZN
 683. ZO
 684. ZP
 685. ZQ