

**INFORME DE
AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA
LM-PI-PV-AT-38-06**

**LABORATORIO MOPT
ENCARGADO DE LA VERIFICACIÓN
DEL CONTROL DE CALIDAD
UBICADO EN PLANTEL DEL MOPT
SAN RAMÓN**

**PROYECTO
“CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA CARRETERA A SAN CARLOS,
SECCIÓN I: SIFÓN – LA ABUNDANCIA”**

JUNIO DE 2006

Índice

	Página
1. Potestades	3
2. Alcances y objetivos de auditoría	3
3. Descripción del proyecto	4
3.1. Metodología de la Auditoría Técnica.....	5
3.2. Generalidades del proceso de auditoría	7
4. Hallazgos y observaciones de la auditoría técnica.....	8
4.1. Hallazgos	8
4.2. Observaciones	22
5. Sobre la documentación solicitada.....	23
6. Conclusiones.....	24
7. Recomendaciones	26
ANEXOS	28

INFORME DE AUDITORÍA TÉCNICA EXTERNA
LABORATORIO DE VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD
PROYECTO

“Construcción de la nueva carretera a San Carlos,
Sección I: Sifón-La Abundancia”

1. POTESTADES

La auditoría técnica externa a los procesos, controles, laboratorios, proyectos e instituciones públicas que efectúan sus labores para el sector vial, se realiza de conformidad con la disposición del artículo 6 de la Ley 8114 de Simplificación y Eficiencia Tributarias, dentro del Programa de Fiscalización de la Calidad de la Red Vial del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME) de la Universidad de Costa Rica (UCR).

De manera adicional, el proceso de auditoría se respalda en el pronunciamiento C-087-2002 del 4 de abril del 2002, de la Procuraduría General de la República, que indica:

“...la fiscalización que realiza la Universidad a través del Laboratorio es una fiscalización externa, que trasciende los contratos de mérito, y por ende, obras específicas, para abarcar la totalidad de la red nacional pavimentada (por ende, proyectos ya finiquitados) y que incluso podría considerarse “superior”, en el sentido en que debe fiscalizar también los laboratorios que realizan análisis de calidad, auditar proyectos en ejecución, entre otros aspectos, evaluar la capacidad estructural y determinar los problemas de vulnerabilidad y riesgos de esa red. Lo cual implica una fiscalización a quienes podrían estar fiscalizando proyectos concretos.” (El subrayado no es del texto original).

2. ALCANCES Y OBJETIVOS DE AUDITORÍA

De acuerdo con los ámbitos de competencia que le confiere al LANAMME-UCR la Ley 8114, en materia de fiscalización como institución autónoma y atendiendo la solicitud de la Contraloría General de la República planteada en el oficio FOE-OP-189 del 27 de marzo de 2006 emitido por la División de Fiscalización Operativa y Evaluativa, se realiza un estudio conjunto en donde se mantiene una coordinación entre ambas instituciones, respetando los ámbitos de competencia y la independencia de cada institución.

Los objetivos de esta auditoría al laboratorio de verificación de calidad fueron agrupados por el equipo auditor, en seis grupos de trabajo con temática similar:

1. Instalaciones.
2. Equipos.
3. Asuntos administrativos.
4. Control metrológico.
5. Proceso de verificación.
6. Documentación.

El alcance de esta auditoría, en función de los objetivos planteados, es evaluar la competencia técnica del laboratorio de verificación de calidad de la Administración, en las actividades de verificación del control de calidad que se realiza en la etapa actual de construcción y determinar si el grado de cumplimiento con relación a los requerimientos señalados en los documentos de referencia del contrato, así como los documentos de la legislación nacional aplicables¹.

Es importante indicar que se solicitó mediante oficio LM-PI-PV-AT-30-06 de fecha 5 de mayo de 2006, tal como se describe en el apartado 5 de este informe, información básica del proyecto y relevante para llevar a cabo el proceso de auditoría, la cual no se suministró en el tiempo indicado, ni a la fecha de emisión de este informe, lo que impidió realizar el análisis completo y detallado de la documentación para cubrir totalmente los objetivos.

Es de trascendental importancia indicar que los laboratorios de verificación, constituyen el instrumento fundamental para ejercer la función de fiscalización de la calidad de obras de infraestructura vial, por tanto, es recomendable que estén conformes con requerimientos contractuales y legislación aplicable, sin dejar de lado los procedimientos y las buenas prácticas de laboratorio que se aplican a nivel internacional.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La Sección: Sifón - La Abundancia, como parte del Proyecto Naranjo- Florencia fue diseñado en su totalidad, excepto los puentes, por la empresa Moh and

¹ Entre otros que se señalan en el contrato: Ley de Contratación Administrativa N° 7494 y Reglamento General de Contratación Administrativa N° 25038-H.
Contrato de obra pública refrendado por la Contraloría General de la República.
Las aclaraciones y/o modificaciones a los documentos de la licitación que eventualmente pudiera emitir la Administración.
Disposiciones Generales.
Memorándum de Norma y Procedimientos.
Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Carreteras y Puentes (CR-77).
Manual de Construcción para Caminos, Carreteras y Puentes (MC-83).

Associates, Inc., contratada por el Gobierno de Taiwán, tomando como base el corredor trazado por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

La contratación de la Sección I tiene una longitud de 29,73 km y se inicia con la apertura de dos frentes de trabajo, uno que se origina en las cercanías de San Ramón (Sifón) con rumbo a Ciudad Quesada (La Abundancia). El otro se ubica en las cercanías de Ciudad Quesada (La Abundancia), trabajando en sentido contrario hasta completar la totalidad del Proyecto.

Se estableció como fecha inicial del contrato el 28 de octubre de 2005 y el plazo para la ejecución de las obras es de 1460 días efectivos de trabajo.

El monto del contrato es por la suma de \$ 61.049.657 y el origen de los recursos para financiar la construcción del proyecto se divide de la siguiente forma:

- Préstamo Gobierno República de China: \$35.000.000
- Donación Gobierno República de China: \$15.000.000
- Aporte de MOPT-CONAVI²: \$11.049.657

La presente contratación incluye la construcción de nueve puentes: Río Barranca, Río Espino, Quebrada Yeguas, Quebrada Laguna, Río Tapesco, Quebrada Arena, Río Seco, Río La Vieja y Río Ron Ron.

3.1. METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

Las actividades desarrolladas por el equipo auditor consisten en: visitar las instalaciones del laboratorio de verificación de calidad de la Administración y los sitios donde se realizan las actividades de verificación del control de calidad de los materiales y procesos constructivos del proyecto; realizar entrevistas al personal relacionado con estos procesos y revisar la documentación que respalda las actividades y procedimientos aplicados por el laboratorio para ejecutar las labores de verificación. Además, se realiza una evaluación del estado general de las instalaciones del laboratorio y del equipo de medición y ensayo, entre otros, según se requieran.

De conformidad con los procedimientos de auditoría, para la emisión de este informe se consideraron factores tales como: aspectos de control, calibración, mantenimiento y comprobaciones intermedias de los equipos de medición y ensayo, condición de las instalaciones físicas para realizar las actividades de verificación de la calidad, así como la documentación requerida para el control de

² Consejo Nacional de Vialidad

las diversas actividades realizadas dentro de las instalaciones del laboratorio y en el campo.

La documentación analizada en este informe y que respalda los hallazgos, fue suministrada por la Administración en respuesta a la solicitud realizada mediante oficio LM-PI-PV-AT-29-06 de fecha 5 de mayo de 2006 y solicitada durante las visitas de auditoría.

Los hallazgos y las observaciones contenidas en este informe de auditoría técnica externa, constituyen la evidencia recopilada por el equipo de auditores del LANAMME-UCR durante las visitas realizadas a las instalaciones del laboratorio, a los frentes de obra que se mantenían activos en el proyecto y a la Unidad de Inspección del proyecto en el CONAVI, según se detalla en el siguiente cuadro:

FECHA	LUGAR DE VISITA	PERSONAL ENTREVISTADO
30 de marzo de 2006	Oficinas de Departamento de Obras	Ing. Carlos Solera Jefe de la Unidad de Inspección
2 de mayo de 2006	Instalaciones de Laboratorio en San Ramón Frentes de Obra: -Sifón - Bastión #2, Puente Barranca - Kilómetro 16+500 - La Abundancia	Sr. Lorenzo Girón Encargado de laboratorio Sr. Roberto Ugalde Sr. William Ulate Inspectores de obra
9 de mayo de 2006	Instalaciones de Laboratorio en San Ramón Frentes de Obra: - Bastión #2, Puente Barranca	Sr. Lorenzo Girón Encargado de laboratorio Sr. Jesús García Inspector de puentes
16 de mayo de 2006	Frentes de Obra: - Bastión #2, Puente Barranca - La Abundancia	Sr. Jesús García Inspector de puentes
17 de mayo de 2006	Oficinas de Departamento de Obras	Ing. Carlos Solera Jefe de la Unidad de Inspección
23 de mayo de 2006	Oficinas de Departamento Legal	Recolección de documentación

3.2. GENERALIDADES DEL PROCESO DE AUDITORÍA

LABORATORIO AUDITADO:	Laboratorio de Verificación
LUGAR DE LA VISITA:	Plantel del MOPT, San Ramón
CONTRATANTE:	MOPT-CONAVI
ADJUDICADA A:	RSEA Engineering Corp.
JEFE DE UNIDAD DE INSPECCIÓN DE PROYECTO	Ing. Carlos Solera Molina
INGENIERO DE CARRETERA	Ing. Albert Sánchez González
INGENIERO DE PUENTES	Ing. Reinaldo Jiménez Araya
ENCARGADO DE LABORATORIO	Sr. Lorenzo Girón
AUDITORES ENCARGADOS:	Ing. Víctor Cervantes Calvo Ing. Guillermo Morales Granados Ing. Ellen Rodríguez Castro

4. HALLAZGOS Y OBSERVACIONES DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

4.1. HALLAZGOS

4.1.1 Sobre las instalaciones físicas donde se encuentra ubicado el laboratorio de verificación

Hallazgo N°1: Las condiciones físicas de las instalaciones de laboratorio no garantizan la seguridad de los equipos, muestras de ensayo y registros de resultados.

El estado físico de las instalaciones de laboratorio, no permite garantizar la seguridad de los equipos y de las muestras de ensayo que se mantienen y resguardan dentro de las instalaciones del laboratorio; asimismo no aseguran la protección de los registros de resultados de los ensayos que se realizan en éste, entre otros factores, debido a que:

1. Las instalaciones físicas son inseguras y vulnerables a actos de vandalismo; las puertas y ventanas no ofrecen un nivel de seguridad adecuado y el acceso a las inmediaciones de las instalaciones del laboratorio no está restringido a particulares, tal como lo pudo comprobar este equipo auditor en visitas realizadas. Dicha situación se puede observar en la fotografía 1 del anexo 1 donde se evidencian las condiciones detalladas.
2. No se cuenta con un servicio de vigilancia que brinde seguridad a las instalaciones, comprometiendo el resguardo de los equipos, de las muestras de ensayo y de los documentos derivados del proceso de verificación del control de la calidad (registros de toma de muestras, datos intermedios y resultados de ensayo), según manifestaciones del encargado de laboratorio.
3. No se ha definido un área exclusiva para almacenar muestras de ensayo, muestras testigo o material remanente, de manera que se asegure la integridad del material almacenado.
4. Entre otros aspectos las actuales condiciones en que se almacenan los equipos de medición y ensayo comprometen la integridad física y el adecuado funcionamiento, tal como se puede observar en la fotografía 2 del anexo 1.

5. No se pudo comprobar la existencia de que se mantenga un control de ingreso de personal no autorizado al laboratorio, con el riesgo de que se puedan alterar las condiciones originales de las muestras de ensayo, poner en riesgo el resguardo de los registros de los datos originales, cálculos intermedios y de los resultados de los ensayos.

Fundamento Normativo: Ley N° 8292 Ley de General de Control Interno, artículo 8 inciso a y artículo 15 inciso b numeral ii, Reglamento de la Ley N° 8131, artículo 11 y la disposición general SC-02-2001, apartado 7 “Verificación de la Calidad” emitida por el CONAVI.

La ausencia de políticas para el resguardo y almacenamiento de las muestras y los equipos, las condiciones físicas de laboratorio y la falta de procedimientos de control de ingreso personal no autorizado, no garantizan la protección y el estado físico de los equipos instalados en el laboratorio, así como la confiabilidad y representatividad de las muestras y la veracidad de los resultados de los ensayos que se utilizan para comprobar el nivel de cumplimiento de las obras realizadas.

4.1.2 Sobre los equipos

Hallazgo N°2: La cantidad disponible de equipos de laboratorio no permite garantizar que se atiendan de forma oportuna las actividades de verificación de la calidad y su condición no asegura resultados confiables.

El equipo de medición y ensayo utilizado para las actividades de verificación de la calidad no demuestra tener las condiciones técnicas suficientes para generar resultados confiables. Durante las visitas realizadas a las instalaciones de laboratorio, el equipo auditor determinó, entre otros aspectos, por las siguientes razones:

1. No se mantiene documentado el inventario del equipo que se encuentra en el laboratorio.
2. Es posible afirmar que el laboratorio de verificación de calidad, no tiene el equipo mínimo especificado en las normas de ensayo indicadas en el fundamento normativo, para realizar la verificación de la calidad de los trabajos de relleno y compactación.
3. El equipo con que cuenta el laboratorio no es suficiente para atender todas las actividades de verificación de la calidad que requieren las etapas actuales del proyecto: control de compactación de rellenos, construcción de estructuras de concreto, entre otras actividades; tanto para los ensayos

que se realizan en campo como en las instalaciones del laboratorio.

4. El estado físico de los equipos, observado por el equipo auditor, permite afirmar que estos equipos no reúnen las características técnicas mínimas que se establecen en las especificaciones contractuales y en las normas de ensayo (ver fundamento normativo), por lo que no se puede garantizar que los resultados que se obtengan utilizando dichos equipos sean confiables. Se pueden citar entre otros, los hornos y la prensa mecánica de carga para CBR, que se muestran en la fotografía 3 del anexo 1.
5. No se encontró evidencia documental de que se hayan establecido políticas o planes de contingencia que aseguren la continuidad de las actividades de verificación de calidad realizadas en este proyecto, en caso de que equipos imprescindibles sufran algún desperfecto.

Fundamento Normativo: Disposiciones generales emitidas por el CONAVI SC-02-2001, apartado 7 “Verificación de la Calidad” y SC-03-2001, apartado 7 “Pago en Función de la Calidad”, normas AASHTO- 89, 90, 99, 180 y 193

El laboratorio de verificación de la calidad debe contar con todo el equipo que establecen las normas de ensayo de manera que pueda realizar los ensayos de verificación. El estado físico y la cantidad de equipos con que cuenta el laboratorio no permiten afirmar que se puedan atender todas las actividades de verificación de la calidad de forma oportuna y continua durante toda la obra.

4.1.3 Sobre asuntos administrativos.

Hallazgo N°3: No existe evidencia documental que permita afirmar que el laboratorio de verificación de la calidad haya sido inspeccionado y avalado antes o durante su operación.

No se encontró evidencia documental que permita afirmar que el laboratorio de verificación de calidad haya sido inspeccionado por alguna unidad calificada. Tampoco fue comprobada su competencia técnica para la realización de las actividades de verificación de la calidad, ni fue emitido por escrito el aval de operación por parte de alguna unidad idónea del CONAVI, previo al inicio de las labores en el proyecto ni durante su operación.

Fundamento Normativo: En la ley N° 7494, Ley de la Contratación Administrativa se enmarca la previsión de verificación, dentro de las actividades de planificación de los recursos en cada Administración:

“Artículo 9.- Previsión de verificación: *Para comenzar el procedimiento de contratación, la Administración deberá acreditar, en el expediente respectivo, que dispone o llegará a disponer, en el momento oportuno, de los recursos humanos y la infraestructura administrativa suficiente para verificar el fiel cumplimiento del objeto de la contratación, tanto cuantitativa como cualitativamente.”* (El subrayado no es del texto original).

“Artículo 102.- Regulación del control: *1.- La Administración debe disponer las medidas necesarias para garantizar que se cumpla con el objeto de la contratación.”*

En concordancia con el artículo anterior, el numeral 108 del Reglamento de la Contratación Administrativa indica lo siguiente:

“Artículo 108.- Control interno del cumplimiento contractual...:108.1- *En toda Administración deberá designarse una unidad encargada del control del cumplimiento de las obligaciones asumidas por los contratistas. Esta unidad será responsable de desplegar los actos de verificación necesarios para establecer que la Administración recibe los bienes, obras o servicios dentro de las condiciones de calidad, plazo y demás condiciones acordadas.”*

Es criterio de esta auditoría que es de vital importancia realizar el proceso de inspección, aceptación y supervisión de los laboratorios de verificación de la calidad de los proyectos viales ejecutados por la Dirección de Obras, a fin de garantizar que éstos cuenten con la competencia técnica que permita asegurar el cumplimiento de las especificaciones y requisitos técnicos de los materiales y procesos constructivos, en virtud del rigor técnico que debe prevalecer en los mecanismos de control de obra y pago de los trabajos realizados.

Hallazgo N°4: No se puede comprobar la competencia técnica del personal de laboratorio, pese a que se solicitó por escrito.

No fueron aportados documentos que permitan evidenciar la competencia técnica e idoneidad del personal asignado a las labores de verificación de la calidad, solicitados durante las visitas realizadas a las instalaciones del laboratorio y mediante el oficio LM-PV-AT-30-06 fechado el día 5 de mayo de 2006.

Fundamento Normativo: Disposición general emitida por el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) SC-02-2001, apartado 7. "Verificación de la Calidad".

Hallazgo N°5: Se puede afirmar que el laboratorio no cuenta con los recursos suficientes para atender adecuadamente las actividades de verificación de la calidad del proyecto.

El personal de laboratorio y los recursos asignados para atender las actividades de verificación de calidad, tanto en campo como en las instalaciones del laboratorio no son suficientes para brindar una cobertura eficaz en los diferentes frentes de trabajo. En las visitas realizadas por este equipo auditor, se encontró que:

1. Durante la permanencia en los diferentes frentes de trabajo visitados durante el día 2 de mayo de 2006, no se pudo observar representantes de la Administración fiscalizando o realizando chequeos de compactación de las actividades de excavación y relleno que ejecutaba el contratista, particularmente en el frente de obra localizado en el kilómetro 16+500, lo cual no permitió a esta auditoría consultar, con el personal destacado de la Administración, el plan de muestreo y la frecuencia con la que se realizan las labores de inspección de las actividades de excavación y relleno. Esta situación no permite contrastar la presencia del personal de supervisión con el programa de muestreo, lo cual no garantiza que se este ejecutando una adecuada labor de supervisión.
2. En la visita realizada el día 9 de mayo de 2006 al frente de trabajo localizado en la construcción del bastión # 2 del puente sobre el Río Barranca, se presenció durante las actividades de colado de concreto en la construcción del puente, que:
 - a. La toma de cilindros para comprobar la resistencia del concreto era realizada solamente por personal representante del control de calidad del contratista.
 - b. El laboratorio de verificación de la calidad no realizó toma de cilindros, ni el inspector designado para la supervisión de la construcción de puentes presenciara la toma de cilindros realizada.

Fundamento normativo: Disposición general SC-03-2001 “Aseguramiento de la calidad” apartado 4.2 y el artículo 13 de la Ley de la Contratación Administrativa que indica lo siguiente:

“Artículo 13.- Fiscalización: ...La Administración fiscalizará todo el proceso de ejecución, para eso el contratista deberá ofrecer las facilidades necesarias. A fin de establecer la verdad real, podrá prescindir de las formas jurídicas que adopten los agentes económicos, cuando correspondan a la realidad de los hechos”

Es de trascendental importancia que el CONAVI asigne los suficientes recursos humanos y técnicos para garantizar un control oportuno y eficaz y que ejerza su función de velar por la calidad de los materiales que son incorporados y de los procesos que se utilizan en la construcción de obra pública.

4.1.4 Sobre el control metrológico de los equipos

Hallazgo N°6: El laboratorio de verificación de la calidad no ha establecido políticas ni procedimientos para el control metrológico de los equipos de medición y ensayo.

Al analizar las evidencias recolectadas durante las visitas a las instalaciones del laboratorio, el equipo auditor pudo determinar que se carece de políticas y procedimientos de control metrológico (calibración, comprobación intermedia, mantenimiento preventivo, entre otras) para los equipos de medición y ensayo utilizados en las actividades de verificación de calidad de los materiales incorporados al proyecto, entre otros, por los siguientes motivos:

1. No existe evidencia documental donde se determine que se haya establecido un programa de control metrológico de equipos que incluya calibración, comprobaciones intermedias, comparaciones, caracterizaciones térmicas (mapeos), mantenimiento preventivo, entre otros.
2. No se encontró evidencia que permita afirmar que los equipos de medición y ensayo instalados en el laboratorio hayan sido sometidos a algún proceso de control metrológico, ya que los equipos no cuentan con las respectivas etiquetas que demuestran la actividad de calibración o que identifique su estado metrológico y además, no existen en el laboratorio certificados de calibración o registros que demuestren tales actividades.

3. Los equipos de medición y ensayo no cuentan con algún tipo de identificación que permita distinguirlos de manera unívoca, clara y que sea accesible.

Fundamento Normativo: Normas de ensayo AASHTO T- 89, 90, 99, 180 y 193, la disposición la AD-02-2001 "Verificación de la Calidad" el apartado 7 emitida por el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI).

Establecer, cumplir y mantener activo un programa de revisión, calibración y mantenimiento de equipos, permite al laboratorio asegurar, que los equipos de medición y ensayo se encuentran en condiciones metrológicas controladas para, de este modo, asegurar la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Hallazgo N°7: Las balanzas y el horno de acondicionamiento de muestras, no cumplen con las características técnicas mínimas establecidas en las normas de ensayo.

En la visita realizada el día 2 de mayo de 2006, el equipo auditor realizó un proceso de medición en las balanzas electrónicas, la balanza analógica y el horno de acondicionamiento de muestras como resultado del análisis de las mediciones se concluye que estos equipos no cumplen con las características técnicas mínimas establecidas en las normas de ensayo y recomendaciones internacionales debido a las siguientes razones:

1. La balanza electrónica marca Ohaus, modelo Scout, identificada con numeración 0360-0001 (ítem 3C2020) con una capacidad de 200 g y una precisión de 0,01 g, muestra una pérdida de exactitud mayor de 0,05 g a partir de 110 g al realizársele un proceso de comprobación de peso, por parte de esta auditoría³.
2. La balanza electrónica marca Casbee, modelo MW-1200 con capacidad de 1200 g y una precisión de 0,1 g, muestra una pérdida de exactitud mayor de 1 g a partir de 600 g y cercana a 2 g a partir de 1100 g.⁴

³ Según la Organización Internacional de Metrología Legal en la recomendación internacional OIML R 76 especifica que los errores máximos permitidos para un instrumento de pesaje clase II (con capacidad máxima de 200g y una división de escala de 0,01g) son de 0,01 gramos en el rango de 0,2 hasta 50 g, y de 0,02 de 50,01 hasta 200 g.

⁴ Según la Organización Internacional de Metrología Legal en la recomendación internacional OIML R 76 especifica que los errores máximos permitidos para un instrumento de pesaje clase II (con capacidad máxima de 1200g y una división de escala de 0,1g) son de 0,1 gramos en el rango de 5 hasta 500 g, y de 0,2 de 500,1 hasta 2000 g.

3. La balanza analógica Ohaus, placa MOPT 325701 con una capacidad de 20 kg y una precisión de 1 g, muestra una pérdida de exactitud mayor de 5 g a partir de 7000 g y cercana a 10 g a partir de 9000 g.⁵
4. El horno sin identificación utilizado para la preparación de la muestras de ensayo que se mantiene en las instalaciones del laboratorio, no cumple con las especificaciones técnicas de exactitud y precisión establecidas en las especificaciones técnicas o normativa internacional de ensayo, en cuanto a:
 - La precisión de temperatura especificada contractualmente (110°C),
 - Los límites permisibles de variación de temperatura establecidos en las normas de ensayo ($\pm 5^{\circ}\text{C}$),
 - La distribución homogénea de temperatura en el espacio interno.
 - La capacidad para mantener la temperatura dentro de los límites permisibles en el tiempo de acondicionamiento de las muestras.

Al analizar los resultados de estas mediciones de temperatura y calcular la estimación de la incertidumbre expandida, a un 95% de confianza, se determina que el equipo presenta una fluctuación de temperatura de 13,5°C durante el tiempo en que el equipo auditor realizó mediciones de temperatura.

Fundamento Normativo: Normas de ensayo AASHTO T- 89, 90, 99, 180 y 193, la disposición la SC-02-2001 “Verificación de la Calidad” el apartado 7 emitida por el CONAVI y la recomendación internacional OIML R 76.

La falta de un control metrológico del equipo de medición y ensayo, puede producir la obtención de resultados que no son confiables y que cuestionan su validez técnica y no brindan un soporte que respalde solidamente las decisiones de aceptación y/o rechazo de las obras que se analizan en laboratorio o en campo.

⁵ Según la Organización Internacional de Metrología Legal en la recomendación internacional OIML R 76 especifica que los errores máximos permitidos para un instrumento de pesaje clase II (con capacidad máxima de 20000 g y una división de escala de 1 g) son de 1 gramo en el rango de 50 hasta 5000 g, y de 2 de 5001 hasta 20000 g.

4.1.5 Sobre el proceso de verificación de la calidad

Hallazgo N°8: Las actividades de verificación de la calidad que ejecuta el laboratorio no se realizan de manera completa, suficiente e independiente.

Existen evidencias que permiten afirmar que las actividades de verificación de la calidad que ejecuta el laboratorio no se realizan de manera completa, suficiente e independiente para determinar la calidad de los materiales del proyecto. Tampoco se registra toda la información relativa a la toma de muestras y de los ensayos, que permita asegurar su confiabilidad y su representatividad. El equipo auditor pudo constatar, entre otras deficiencias, que:

1. No se encontró evidencia documental que permita afirmar que la toma de muestras y la determinación de los puntos para control de compactación se realicen siguiendo criterios aleatorios que brinden representatividad del proceso de construcción.
2. En los registros de los ensayos de “Prueba de CBR” no se evidencia que se realice el ensayo de manera completa tal como se especifica en la norma de referencia AASHTO T-193 “Índice de Soporte de California”. Se observa que en algunos registros no hay anotaciones en las casillas correspondientes a la prueba de expansión de la muestra de suelo, para valorar el comportamiento ante condiciones de humedad.
3. En los registros de los ensayos de laboratorio (CBR, Próctor) no se anota la profundidad en la que se toma la muestra del suelo para cada una de las capas durante el proceso constructivo, además no se indica si las profundidades del muestreo se determinaron mediante criterios aleatorios.
4. Los registros de la información que realiza el laboratorio de verificación de la calidad de los chequeos de compactación, observados en visita realizada al frente de trabajo ubicado en La Abundancia el día 2 de mayo de 2006, son producto de mediciones realizadas únicamente con el densímetro nuclear propiedad del laboratorio de control de calidad del contratista, según declaraciones de los inspectores de proyecto.
5. Tal y como pudo constatar el equipo auditor en visita realizada el día 9 de mayo del 2006 al frente de trabajo en el bastión #2 del puente sobre el Río Barranca, el laboratorio de verificación de la calidad no se encontraba realizando el moldeo de cilindros para comprobar la resistencia del concreto ni se realizaban mediciones de revenimiento del hormigón que se estaba colocando.

Fundamento Normativo: Normas de ensayo AASHTO T- 99, 180 y 193, apartados 105.01,105.04, 105.05 y 106.03 del CR-77, apartados 3.04,6.03 y 10.02 del MC-83 y las buenas prácticas de laboratorio.

La ausencia de criterios aleatorios para la toma de muestras para realizar el proceso de verificación de la calidad durante las diferentes etapas del proyecto, comprometen la objetividad y la representatividad de los resultados que se utilizan para la aceptación o rechazo de los trabajos.

No ejecutar los procedimientos de ensayo tomando en cuenta todos los apartados establecidos en las normas de referencia, no garantiza una caracterización completa y suficiente de los materiales que se incorporan al proyecto, comprometiendo su desempeño durante la operación de la carretera.

El proceso de supervisión y de verificación de la calidad de los materiales y las obras debe ser independiente, a fin de garantizar una fiscalización objetiva y veraz.

Hallazgo N°9: No se aplica adecuadamente el “Método de familia de curvas” para control de compactación en campo.

El método aplicado por la Administración como herramienta para verificar la calidad de la compactación de los rellenos en campo, norma de ensayo AASHTO T-272 “Método de familia de curvas – Determinación de un punto” (se presenta una breve explicación del método en el anexo 2), no se emplea tal como se establece en dicha norma, entre otras razones, por lo siguiente:

1. No se utiliza la norma de ensayo AASHTO T-99 para establecer el punto inicial y de esta manera aplicar correctamente el “Método de familia de curvas”, para definir los valores de humedad óptima y densidad máxima que el proceso de compactación debe alcanzar.
2. De acuerdo con el análisis realizado por el equipo auditor, se determinó que una de las familias de curvas elaboradas para este proyecto no refleja que los suelos tengan un origen geológico similar, tal como se define en esta norma de ensayo, debido a la que las formas de las curvas que componen la gráfica de la “familia de curvas”, muestran diferentes amplitudes en sus curvaturas, cuando deberían ser relativamente similares. (Ver anexo 3)
3. Después del proceso de compactación, se realizan mediciones en campo de la humedad y densidad mediante el método de densimetría nuclear. De los resultados arrojados por el densímetro, se considera únicamente el valor de la humedad del suelo y se supone que este dato corresponde a la

“humedad óptima”. Con este valor se ingresa a la familia de curvas para determinar el punto correspondiente de densidad, de acuerdo con la línea de tendencia de las máximas densidades. Porque la humedad obtenida en el campo no corresponde necesariamente a la humedad óptima. La humedad de campo se usa como referencia para conocer si hay que hacer ajustes de humedad o energía de compactación para obtener el porcentaje de compactación requerido para ese tipo de suelo.

Fundamento Normativo: Normas de ensayo AASHTO T- 99 y 272 y el apartado 203.12 del CR -77.

Las omisiones o variaciones que se realicen a un método de ensayo, sin cuantificar la magnitud de la afectación que estas puedan tener en los resultados del ensayo, perjudican la exactitud del método. Por consiguiente, las variaciones y omisiones que se han hecho al “Método de familia de curvas” comprometen la calidad del proceso de compactación y pone en duda si se está alcanzando, efectivamente, la relación de humedad optima-máxima densidad para el proceso de compactación de rellenos. Esta situación posibilita que se estén aceptando trabajos que no cumplen con los requisitos de aceptación establecidos contractualmente para este proyecto.

Hallazgo N°10: La metodología aplicada para el control de compactación de los rellenos mediante el uso equipos nucleares no es confiable debido a que no se aplica según se establece en la norma de ensayo.

En el proyecto se utiliza como herramienta principal para el control de compactación de los rellenos la técnica de medición de densidad y humedad mediante densimetría nuclear.

Es criterio de esta auditoría que el uso predominante de esta técnica no garantiza la calidad de la compactación de los rellenos, entre otras razones, por:

1. No existe evidencia documental que demuestre que el densímetro nuclear se haya sometido a un proceso de calibración de acuerdo con lo definido en norma de ensayo AASHTO T-310.
2. No se encontró evidencia documental que demuestre que se registre la información de la inicialización del equipo con el patrón de referencia, previa a las mediciones en campo, que permita establecer si el equipo está en las condiciones de operación normal.
3. La norma de ensayo AASHTO T-310 en el apartado 4 indica que las mediciones obtenidas mediante métodos nucleares presentan variabilidad

en los resultados debido a que se afectan por diversas características de los suelos, entre otros la composición química, el tamaño de las partículas, el porcentaje de vacíos y la falta de homogeneidad.

4. No se encuentra evidencia documental que demuestre que se realicen comprobaciones con otros métodos de control de compactación para confirmar que el densímetro nuclear emite resultados confiables.

Fundamento Normativo: Normas de ensayo AASHTO T- 310 y el apartado 203.12 del CR -77.

El utilizar este método de medición como herramienta de control de compactación sin cumplir todo lo establecido en la norma de ensayo compromete la confiabilidad y la consistencia de las mediciones realizadas con el equipo nuclear, y de la misma manera, controlar efectivamente los requisitos contractuales establecidos para la aceptación y rechazo de los rellenos que se realizan en este proyecto.

Hallazgo N°11: No se encontró evidencia de que se haya establecido un programa de ensayos y plan de muestreo para realizar las actividades de verificación de calidad del proyecto.

En visitas realizadas por el equipo auditor al laboratorio de verificación de calidad los días 2 y 9 de mayo de 2006, fue posible comprobar que no se mantiene documentado un programa que defina, al menos, la aleatoriedad de los muestreos, el tipo y la frecuencia de los ensayos de verificación de la calidad de los materiales.

Debido a que no se encontró este documento en el laboratorio durante las visitas mencionadas, se solicitó a la Unidad de Inspección mediante el oficio LM-PI-PV-AT-30-06 fechado 5 de mayo de 2006 la entrega del mismo. Después de transcurrido el plazo establecido, no se ha entregado, entre otros documentos solicitados, el programa de verificación de la calidad solicitado.

4.1.6 Sobre el registro de la información de verificación de la calidad (bitácoras de registro) y archivo de la documentación.

Hallazgo N°12: El laboratorio no aplica un sistema confiable de registro de las actividades realizadas de verificación de calidad, tanto en campo como en las instalaciones.

En el laboratorio de verificación de la calidad de la Administración no se mantienen bitácoras para el registro de las actividades rutinarias: registro de toma de muestras, control de ingreso de muestras, registro de resultados de las muestras analizadas, toma de datos de mediciones realizadas en campo y otras actividades

propias del funcionamiento del laboratorio. Esta situación afecta adversamente el control documental de las actividades mencionadas, tal como a continuación se describe:

1. No se encontraron documentos que evidencien el registro de la toma de muestras de campo ni de las que ingresan al laboratorio. El registro de las muestras proporciona confianza y permite mantener un certero control del proceso de verificación de la calidad.
2. Los documentos utilizados por los técnicos del laboratorio para el registro de los datos y resultados obtenidos en los ensayos, consisten en formularios impresos en hojas sueltas, los cuales carecen de identificación o numeración continua que permita mantener un control y trazabilidad de los mismos, tal y como se puede observar en la fotografía 4 del anexo 1.
3. La anotación de los resultados de verificación de la compactación en campo (control de densidades y humedades) se realiza en cuadernos de uso ordinario (sin numeración o folios), como único medio para anotar los resultados obtenidos. El proceso de anotación de los resultados del proceso de verificación de la calidad debe garantizar la confiabilidad y la trazabilidad de la información para asegurar su validez técnica.
4. Se observó que los resultados intermedios producto del proceso de ensayo y los resultados finales derivados de un proceso de cálculo son anotados en los formularios de registro con lápiz, y no mediante tinta indeleble o algún medio que permita garantizar la validez de la anotación original, tal y como se muestra en la fotografía 5 del anexo 1.
5. La corrección de las anotaciones de resultados efectuados por los técnicos interfiere la legibilidad de la anotación original ya que corrigen los errores sobrescribiendo o utilizando líquido corrector. Esta situación observada por el equipo auditor no permite leer claramente y tener certeza de la anotación original restándole credibilidad al registro de resultados.
6. Las buenas prácticas de laboratorio establecen que los resultados que se obtienen de los procesos de ensayo, deben anotarse al momento de generarse, en bitácoras foliadas o en registros que garanticen la trazabilidad de la información, para asegurar su validez técnica y reducir de esta manera la pérdida o alteración de la información relevante del proceso de ensayo o confusión que pueda afectar la confiabilidad de los datos.

Fundamento Normativo: el apartado 7. "Verificación de la Calidad" de la disposición general SC-02-2001 emitida por el Consejo Nacional de Vialidad

(CONAVI) y los apartados 3.01 y 3.04 del MC-83

El proceso de anotación y registro de resultados que se obtienen en las actividades de verificación de la calidad debe generar una confiabilidad tal que garantice la trazabilidad de la información, asegurando la validez técnica de los mismos, de manera que no permita cuestionar la rigurosidad de los resultados. El registro oportuno, veraz y completo de los datos permite reducir una potencial pérdida o alteración de la información relevante del proceso de verificación del control de calidad, o confusión que pueda afectar la confiabilidad de los datos que respaldan la calidad de la obra.

Hallazgo N°13: El sistema de archivo que se utiliza para almacenar los registros de resultados de verificación de la calidad no es apropiado ni confiable.

En visita realizada el día 9 de mayo de 2006, no fue posible que el encargado del laboratorio hallara y mostrara, de manera oportuna, los resultados de los ensayos de laboratorio de verificación de la calidad realizados en la semana del 1 al 7 de mayo de 2006, ante la solicitud de esta auditoría. La entrega de estos resultados se realizó dos días después mediante sistema de facsímil. Esta situación demuestra que el sistema de archivo de la documentación utilizado en el laboratorio no es confiable, y oportuno lo que no asegura una adecuada trazabilidad de la información emitida en este laboratorio.

Fundamento Normativo: Ley N° 8292 Ley de General de Control Interno, artículos 15 y 16.

La falta de un archivo de documentos de la verificación de la calidad de forma adecuada, aumenta la posibilidad de deterioro y extravío de los registros y no permite que se mantenga un respaldo confiable de los resultados de verificación de la calidad de los materiales incorporados al proyecto y por lo tanto, de las decisiones que se tomaron a la luz de esos resultados.

4.2. OBSERVACIONES

A continuación se listan una serie de aspectos que no se consideran como incumplimientos o hallazgos, pero que su atención puede contribuir con la mejora de operación del laboratorio:

Observación 1: Las condiciones de iluminación que se mantienen en las instalaciones de laboratorio deben mejorarse, tanto la iluminación natural como la artificial, de manera que faciliten la correcta realización, lectura de mediciones y registro de los ensayos que se ejecutan en este laboratorio.

Observación 2: Se debe medir y registrar las condiciones ambientales, tales como temperatura ambiente, humedad relativa, entre otros, que prevalecen durante el tiempo que se realiza el ensayo a muestras de suelos, de modo que se genere y se mantenga un registro histórico de temperatura y humedad, con el fin de considerar si determinadas condiciones ambientales permiten una correcta realización de los ensayos o por el contrario podrían invalidar o afectar la calidad del ensayo.

Observación 3: La instalación eléctrica no reúne las condiciones mínimas de seguridad debido a que representa un riesgo potencial de accidentes. Además, no garantiza una protección adecuada a los equipos de medición y ensayo, comprometiendo la operación normal de éstos y la continuidad del proceso de verificación.

Observación 4: El laboratorio de verificación de la calidad del proyecto de "Construcción de la nueva carretera a San Carlos, sección I: Sifón-La Abundancia", que se encuentra ubicado en las instalaciones del MOPT en San Ramón no ha iniciado el proceso de implementación de un sistema de gestión de la calidad y aseguramiento de ensayos de laboratorio que le permita obtener la acreditación ante el Ente Costarricense de Acreditación (ECA). Según lo establecido en la Ley N° 8279 "Ley Nacional para la Calidad", de conformidad este laboratorio debe estar acreditado a más tardar en mayo de 2007.

Observación 5: No se cuenta dentro de las instalaciones del laboratorio con un botiquín de emergencias con medicamentos suficientes para atender quemaduras, lesiones y otros accidentes comunes para el personal que labora en este recinto. También es necesario suministrar equipos de protección personal, tales como mascarillas, guantes, extintores, anteojos de seguridad, protectores auditivos y gabachas, para garantizar el bienestar del personal que labora en el laboratorio.

5. SOBRE LA DOCUMENTACIÓN SOLICITADA

Mediante el oficio LM-PI-PV-AT-30-06 fechado 5 de mayo de 2006 se solicita al jefe de la Unidad de Inspección del proyecto, la siguiente documentación:

1. Acta de reunión de preconstrucción.
2. Programa de verificación de la calidad
3. Plan de muestreo aleatorio en campo
4. Lista de equipos instalados en el laboratorio
5. Plan de calibración y mantenimiento de equipo
6. Certificados de calibración de equipos
7. Lista de proveedores de servicios de calibración
8. Currícula del personal técnico de laboratorio
9. Informes de verificación de la calidad de los meses de febrero y marzo
10. Certificados de calidad de los siguientes materiales incorporados a la obra: varilla de refuerzo, tubería de concreto y acero para pilotes
11. Recursos asignados para la atención de los frentes de trabajo para inspección y verificación de la calidad (personal, equipo, medios de transporte, etc.)
12. Programa de inspección de frentes de trabajo

A la fecha de emisión de este informe no se aportó la totalidad de los documentos solicitados. Por tanto, esta auditoría no considerara válida como evidencia, para efectos de este informe, la información que se proporcione posterior a su emisión.

La falta de esta información impidió cubrir en su totalidad, los objetivos propuestos para esta auditoría, lo cual no permite realizar el debido proceso de fiscalización que se le encomendó al LANAMME-UCR y atenta contra el cumplimiento del objetivo establecido en el artículo 6 en la Ley 8114 de garantizar la eficiencia y eficacia de los fondos públicos que se invierten en los fondos viales.

6. CONCLUSIONES

Después de realizar el análisis de las evidencias y documentos relacionados con el funcionamiento del laboratorio de verificación de la calidad del MOPT-CONAVI para el proyecto de “Construcción de la carretera a San Carlos: sección Sifón-La Abundancia”, se concluye lo siguiente:

1. Las instalaciones del laboratorio no proporcionan un nivel de seguridad que garantice la protección de los equipos, muestras y documentación que forman parte del proceso de verificación de la calidad de los materiales y obras del proyecto, además, no ofrecen las condiciones mínimas ni se han definido políticas para el resguardo y almacenamiento de equipo y muestras de materiales.
2. La cantidad de equipo con que cuenta el laboratorio, así como su condición física y de operación no garantizan que se cubran de forma oportuna las actividades de verificación de la calidad (muestreo, ensayo, etc.) ni que los resultados generados de este proceso sean confiables.
3. El laboratorio no demostró mediante documentos (certificados y etiquetas de calibración, registros, entre otros) que se mantenga implementado de forma activa un programa de control metrológico (calibración, comprobación y mantenimiento) de todos los equipos de medición y ensayo con que cuenta el laboratorio de verificación de la calidad.
4. El MOPT-CONAVI no ha establecido políticas, ni procedimientos para la inspección, el aval y supervisión de los laboratorios que participan en el proceso de verificación de la calidad de los procesos constructivos que supervisa la Dirección de Obras, así como la debida documentación de estos procesos.
5. No se pudo comprobar la competencia técnica del personal que participa en las actividades de verificación de la calidad.
6. Los equipos de laboratorio con los que se evalúa la calidad de los materiales y el nivel de cumplimiento de las obras realizadas por el contratista, no han sido sometidos a un proceso de calibración, comprobación intermedia u otra caracterización metrológica que permita garantizar la confiabilidad de los resultados.
7. El proceso de verificación de la calidad que realiza la Administración no es representativo ni completo ya que no se basa en criterios aleatorios, no se realizan ni se registran completamente los ensayos, lo cual no brinda un

soporte confiable como criterio de aceptación o rechazo.

8. La desviación del procedimiento establecido en las normas de ensayo de referencia actuales, para la verificación de la calidad de la compactación de los rellenos de la subrasante (“Método de familia de curvas” y densimetría nuclear), no garantiza obtener resultados certeros y confiables ni que se cumplan los valores de aceptación especificados contractualmente.
9. Los procedimientos de registro y archivo de la información relevante del proceso de verificación, no aseguran la confiabilidad y trazabilidad, la validez técnica, la custodia que evite una potencial pérdida, alteración o confusión de datos y resultados que constituyen la base para la aceptación, rechazo y pago de los materiales incorporados y obras realizadas en el proyecto.

7. RECOMENDACIONES

De acuerdo con las evidencias y hallazgos incluidos en este informe, a continuación se listan recomendaciones que debe considerar el MOPT-CONAVI para la mejora de las condiciones de operación del laboratorio y de los resultados que éste emite.

1. Definir los requisitos previamente al inicio de cada etapa del proyecto en cuanto a instalaciones, equipos, personal, entre otros, que debe cumplir un laboratorio de ensayo de materiales, para que satisfaga las necesidades del proceso de verificación de calidad de las obras que se ejecutan bajo la tutela de la Dirección de Obras, tal y como se realiza en los Departamentos de Obra Publica en otros países.

Por ejemplo, la norma N-CAL-2-05-001/01 “Control y Aseguramiento de Calidad. Calificación y Aprobación de Laboratorios” emitida por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México y la norma ASTM 3666 “Especificaciones Estándar de Requerimientos Mínimos para Agencias de Ensayos e Inspección de Caminos y Materiales de Pavimentos” aplicada por algunos estados de Estados Unidos.

2. Asignar los recursos económicos, humanos, de equipos e instalaciones que permitan al laboratorio realizar un proceso de verificación de la calidad confiable, que se adecúe a las necesidades y magnitud del proyecto de manera que se garantice la calidad de los materiales y obras que se ejecutan, en procura del cumplimiento de los principios de eficiencia y eficacia de la inversión de los fondos públicos.
3. Definir e implementar de manera completa y suficiente políticas y procedimientos para la inspección, el aval y la supervisión de las actividades que soportan el proceso de verificación de la calidad que realiza la Administración a fin de garantizar que los laboratorios cuenten con los recursos técnicos suficientes para asegurar el cumplimiento de las especificaciones y requisitos técnicos de los materiales y procesos constructivos.
4. Establecer un sistema de verificación de calidad de los materiales incorporados y las obras que se ejecutan, que permita asegurar que el muestreo se realice basado en criterios aleatorios, la ejecución de ensayos se realice con estricto apego a las normas de ensayo y que el proceso de verificación de la calidad sea totalmente independiente.

5. Analizar y replantear, de manera inmediata, los procedimientos de control de compactación, de manera tal que se apliquen estrictamente como se especifican en las normas de ensayo de referencia para este proyecto.
6. Investigar sobre metodologías modernas que aplican otros países para el control de procesos de compactación y la respectiva toma de decisiones, tales como Europa, Suramérica y el norte de América.
7. Establecer e implementar, lo antes posible, políticas y procedimientos que garanticen una seguridad y confiabilidad absoluta de la documentación relativa a las actividades de verificación de la calidad y el registro de la información generada durante el proceso de verificación de la calidad de la obra.

Firmas del Equipo Auditor

Ing. Víctor Cervantes Calvo

Ing. Guillermo Morales Granados

Ing. Ellen Rodríguez Castro

Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MScE
Coordinadora Auditoría Técnica

ANEXOS

ANEXO 1

**Evidencia fotográfica de las condiciones
encontradas por la auditoría.**



a.



b.



c.



d.

Fotografía 1: Detalle de las instalaciones del laboratorio. a. Condiciones generales de la parte posterior de las instalaciones. b. Se aprecia el estado en que se encuentra la puerta posterior del laboratorio. c. Estado en que se encuentra la ventana contigua a la puerta posterior y d.



a.



b.



c.



d.

Fotografía 2: Almacenamiento de equipos y materiales: a. Se detalla el sitio donde se resguarda la prensa mecánica de carga para CBR. b. y c. Se aprecia el estado en que se mantiene la zona de almacenamiento de equipos y d. Sitio donde se resguardan las balanzas mientras no se realizan ensayos.



a.



b.



c.



d.



e.



f.

Fotografía 3: Estado de los equipos y de los medios de acondicionamiento

de equipos: a. Se observan los hornos con que cuenta el laboratorio. Sólo uno se utiliza para el acondicionamiento de las muestras, no se observa una identificación, que muestre esta condición. b. Detalle del control de temperatura de los hornos. c. Prensa mecánica de carga para CBR que se utiliza para realizar los ensayos, nótese el implemento que se debe utilizar para sostener el lector de deformación. d. Estado y cantidad de moldes para ensayos de Proctor y CBR y muestreo de concretos. e. Pila ubicada para el acondicionamiento de espécimen de CBR y la cura de cilindros de concreto, nótese que se encuentra en desuso y f. Estañones que se utilizan para el acondicionamiento de espécimen de CBR y la cura de cilindros de concreto.

ANEXO 2
**“Método de Familia de Curvas - Determinación de un
Punto”**
AASHTO T- 272

Consideraciones generales para la correcta aplicación de la norma de ensayo AASTHO T272 “Método de familia de curvas – Determinación de un punto”.

El apartado 203.12 del CR 77 indica que en cada proyecto puede usarse el método de control de humedad y densidad (Familia de curvas), como parámetro comparativo para calcular el porcentaje de compactación requerido, al agrupar las relaciones de humedad-densidad de todos los suelos pertenecientes y utilizados en el proyecto, obtenidas mediante la norma de ensayo AASHTO T99. La normativa de ensayo AASHTO T272 “Método de familia de curvas – Determinación de un punto” es la herramienta de referencia en campo que agrupa estas relaciones humedad densidad e indica el procedimiento a seguir para una correcta aplicación del método, en el cual se deben tener presente las siguientes consideraciones:

1. La familia de curvas está compuesta por un grupo de suelos que poseen un origen geológico similar, que determinan relaciones de humedad-densidad que reflejan ciertas similitudes y tendencias, específicas del tipo y origen de los suelos. Estos suelos determinan diferentes curvas de humedad-densidad, las cuales si se dibujan juntas evidencian una relación usualmente aparente, tal como se puede observar en la figura 1.
2. Antes de hacer uso de la familia de curvas se debe ensayar inicialmente una muestra del suelo obtenida del frente que va a ser controlado antes de efectuar las labores de compactación en campo, aplicando la norma de ensayo AASHTO T99, con el fin de definir el punto inicial y poder determinar mediante la familia de curvas la humedad óptima y la máxima densidad que el proceso de compactación debe alcanzar.
3. Una vez determinada la relación inicial existente de humedad-densidad en el suelo, se hace uso de la grafica de familia de curvas para establecer la curva de humedad-densidad que contiene el punto determinado, y de esta manera obtener el punto de humedad óptima y máxima densidad para el suelo ensayado.
4. Al ubicar el punto definido anteriormente en la grafica de familia de curvas, si está sobre una de las curvas dibujadas, la humedad óptima y máxima densidad es la definida por la intersección de esta curva con la línea de tendencia de las máximas densidades.
5. En caso contrario, se debe trazar una hipotética curva que pase por el punto y sea paralela a las curvas existentes más cercanas, la humedad óptima y máxima densidad que se deben de considerar son las definidas por la intersección de esta nueva curva con la línea de tendencia de las máximas densidades.
6. Si el punto determinado no está dentro de un rango del 80 al 100 por ciento del rango de densidad máxima y humedad óptima, se debe compactar otro espécimen ajustando el contenido de humedad al rango indicado, a fin de lograr ubicar el punto dentro del rango indicado.

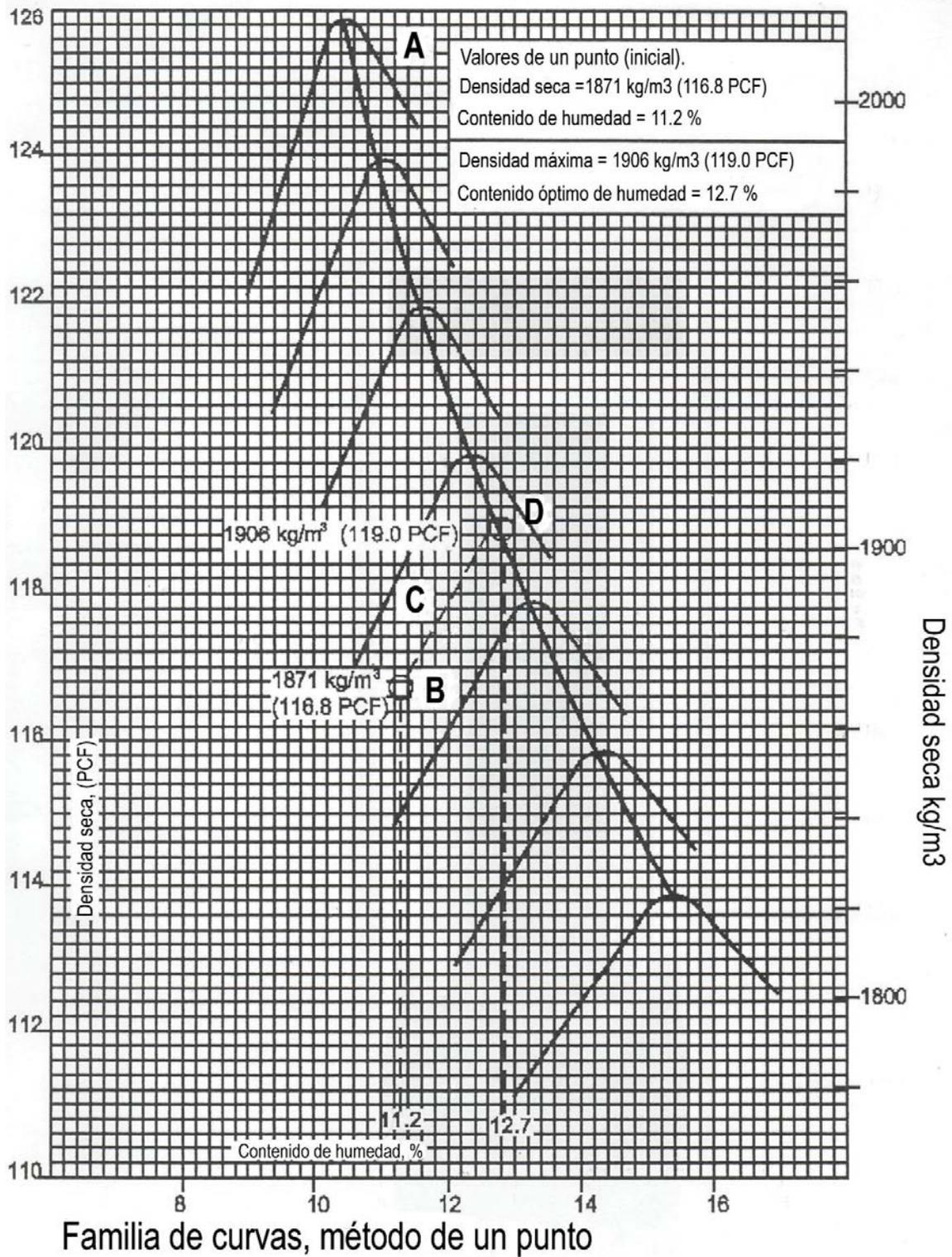


Figura 1. Ejemplo de relaciones humedad densidad y familia de curvas.

7. Con el valor obtenido de acuerdo a este método, se hacen las comparaciones de las mediciones de densidad y humedad realizadas en campo (determinadas con los métodos usuales de verificación de densidad-humedad en campo: cono de arena, densimetría nuclear) para hacer los ajustes de humedad o de energía de compactación medidos en campo y lograr llevarlos a la humedad óptima requerida y obtener el porcentaje de compactación requerido para el tipo de suelo.

A modo de ejemplo se presenta en la figura 1, el procedimiento para determinar la máxima densidad y humedad óptima utilizando la grafica de familias de curvas.

- A. Se determina en el laboratorio el valor de un punto de la curva de relación de humedad-densidad. Este se considera el punto inicial (Densidad seca: 1871 kg/m³ y humedad 11.2%).
- B. Este punto se ubica en la grafica de familia de curvas.
- C. Se traza una curva teórica de humedad-densidad, paralela a las curvas existentes, que pase por el punto marcado.
- D. La intersección de esta curva con la línea de tendencia de las máximas densidades define el punto de humedad óptima y máxima densidad para el suelo ensayado (Densidad seca: 1906 kg/m³ y humedad 12.7%). Este valor es el que debe usarse para hacer el cálculo de porcentaje de compactación y servir de criterio para el chequeo del tramo de trabajo en particular.

En la tabla siguiente se muestra un análisis de sensibilidad que refleja la variación de la relación humedad óptima-máxima densidad requerida por el suelo, al utilizar el método como lo aplica el laboratorio de verificación comparado con la aplicación correcta según la norma AASHTO T-272

Método aplicado por Laboratorio de Verificación Calidad

Humedad leída en campo:	12%
Densidad en línea de máxima densidad (kg/m³):	1933

Lecturas según Método Familia de Curvas

Humedad Leída Densímetro	Densidad Leída Densímetro (kg/m ³)	Humedad optima requerida	% variación	Densidad optima requerida (kg/m ³)	% variación
12%	1860	13%	9,1	1888	2
12%	1900	13%	4,8	1913	1
12%	1940	12%	0,0	1940	0
12%	1960	11%	6,2	1977	2
12%	1980	11%	13,2	2012	4

ANEXO 3

Familia de Curvas con datos del MOPT y del laboratorio de control de calidad

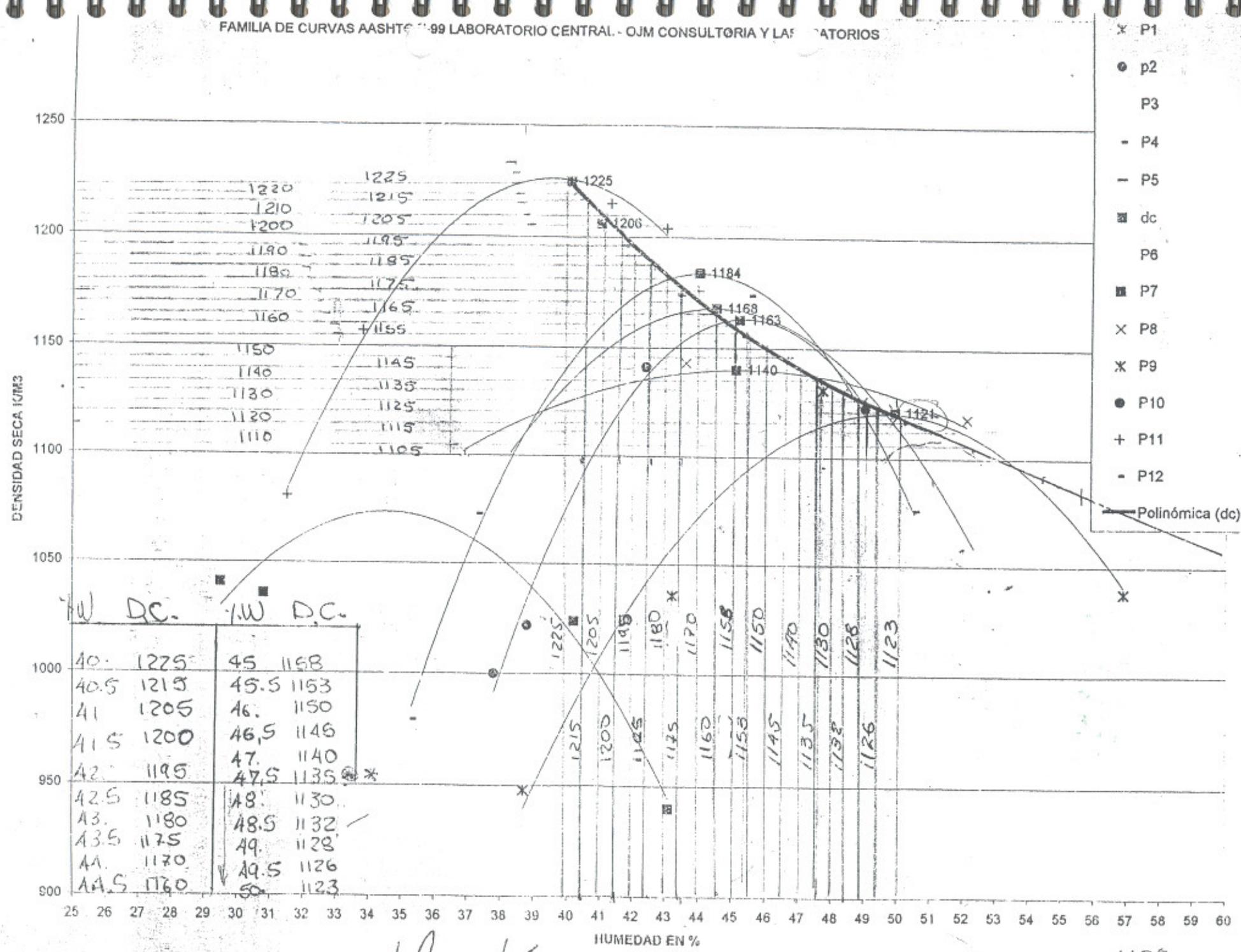
3.A FRENTE DE TRABAJO LA ABUNDANCIA

Primera Figura: Gráfica de familia de curvas generadas con datos del MOPT y del laboratorio de Control de Calidad (ver Hallazgo N°9). Nótese la diferencia de concavidades en las curvas de humedad-densidad.

Segunda Figura: Gráfica de familia de curvas utilizada para el control en campo, solamente se dibuja la línea de tendencia de máximas densidades. Con esta gráfica y las lecturas de humedad realizadas con densímetro nuclear, se determina la humedad óptima y la máxima densidad.

3.B FRENTE DE TRABAJO SIFÓN

Primera Figura: Copia entregada por el auditado de la gráfica de familia de curvas que se utiliza para el control de compactación en campo. (ver Hallazgo N°9). Nótese que la relación humedad-densidad del suelo se establece utilizando la humedad determinada con el densímetro y la línea de tendencia de máximas densidades.



- x P1
- o p2
- P3
- P4
- P5
- dc
- P6
- P7
- x P8
- x P9
- P10
- + P11
- P12
- Polinómica (dc)

W DC.		W D.C.	
40.	1225	45	1168
40.5	1215	45.5	1153
41	1205	46.	1150
41.5	1200	46,5	1146
42	1195	47.	1140
42.5	1185	47,5	1135
43.	1180	48.	1130
43.5	1175	48.5	1132
44.	1170	49.	1128
44.5	1160	49.5	1126
		50	1123

Martin

FM=1128