

INTRODUCCIÓN

I.1 GENERALIDADES

- I.1.1** El presente Manual de Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras tiene el propósito de estandarizar los procedimientos de muestreo y ensayo en los laboratorios que realizan pruebas para los proyectos a cargo del Instituto Nacional de Vías sobre la infraestructura carretera nacional. Estas normas reemplazan, en su totalidad, las normas de ensayo adoptadas como norma técnica por el Ministerio de Transporte mediante resolución 3290 del 15 de agosto de 2007.
- I.1.2** Los procedimientos y requerimientos incluidos en el documento se basan, principalmente, en normas internacionales elaboradas por instituciones de prestigio, en especial la ASTM, adaptadas a las necesidades específicas del INVÍAS, y no deben ser sustituidas por otras normas que parecieran equivalentes o similares. Los ensayos cubiertos por las diferentes normas se deben ajustar con exactitud a los procedimientos descritos en ellas. Cualquier alteración a los mismos, por insignificante que parezca, trae como consecuencia la invalidez del resultado obtenido, pues puede conducir a conclusiones erróneas sobre el comportamiento de los materiales ensayados y hace imposible su comparación con los resultados obtenidos al efectuar los ensayos correctamente en otros laboratorios.
- I.1.3** Con el fin de evitar confusiones a los usuarios, se ha procurado mantener al máximo la nomenclatura de las normas del documento de 2007. Sin embargo, debido a que las normas de la Sección 700, relacionadas con los pavimentos asfálticos y con la prospección de pavimentos, las más numerosas del Manual, han sobrepasado el centenar como resultado de la actualización, se ha considerado procedente darles continuidad en la Sección 800. Debido a ello, las normas sobre Estabilizaciones, que antes ocupaban la Sección 800, se han trasladado a la Sección 600. Asimismo, en esta actualización se han retirado del documento normas incluidas en la versión anterior relacionadas con productos elaborados en fábricas, los cuales no son objeto de la inspección cotidiana de su calidad en los laboratorios de las obras viales y, además, se encuentran amparados por marcas o sellos de calidad, otorgados por organizaciones de normalización autorizadas que respaldan la conformidad del producto a unos criterios definidos por unas normas técnicas reconocidas internacionalmente, lo que permite asegurar que los sistemas de fabricación son eficaces y confiables. En ese orden de ideas, el Instituto Nacional de Vías

considera suficiente mencionar en sus especificaciones de construcción las Normas Técnicas Colombianas (NTC) o de organizaciones internacionales de ensayo de materiales de reconocido prestigio que resulten aplicables para verificar la idoneidad de estos productos de fábrica, satisfacción que debe ser acreditada por el contratista mediante las certificaciones de calidad entregadas por los fabricantes o los proveedores. Para ser aceptada por el Instituto, la certificación se deberá encontrar vigente en el instante en que el producto sea adquirido para su utilización en las obras a cargo de la entidad. Cuando se trate de certificaciones expedidas en el exterior, será necesario el apostille de acuerdo con la reglamentación vigente, para aceptar su validez. Independientemente de ello, el Instituto Nacional de Vías podrá exigir, cada vez que lo considere conveniente, que se ejecuten las pruebas necesarias en laboratorios nacionales acreditados, para comprobar que el producto que se pretende emplear responde a todos los requisitos exigidos por las especificaciones de construcción de carreteras de la entidad.

I.2 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

I.2.1 Las normas se presentan agrupadas en función de sus objetivos, a través de las siguientes Secciones:

- Sección 100 – Suelos.
- Sección 200 – Agregados pétreos.
- Sección 300 – Cemento.
- Sección 400 – Concreto hidráulico.
- Sección 500 – Reservada para uso posterior.
- Sección 600 – Estabilización de suelos.
- Secciones 700 y 800 – Materiales y mezclas asfálticas y prospecciones de pavimentos.

I.3 PERSONAL ASIGNADO A LA EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS

I.3.1 La calidad de los resultados producidos por los ensayos incluidos en las normas que forman parte de este documento, depende de la competencia del personal que las realice y de las posibilidades, calibración y mantenimiento del equipo empleado. En consecuencia, las firmas que realicen ensayos con destino a las obras a cargo del Instituto Nacional de Vías, deberán garantizar que los equipos que utiliza son idóneos y que los operadores disponen de certificaciones expedidas por entidades competentes, que respalden la

actualización de sus conocimientos al tenor de los procedimientos descritos en estas normas actualizadas.

- I.3.2** El laboratorista vial, denominado generalmente como operador u operario en las presentes normas de ensayo de materiales, es el encargado de realizar los muestreos, ensayos, medidas y cálculos y de reportar los resultados requeridos por el ingeniero para verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas de las obras de acuerdo con la reglamentación vigente, en relación con la calidad de los materiales empleados, los métodos de ensayo utilizados, los requisitos de diseño y otros aspectos relacionados con los estudios y la ejecución de las obras.
- I.3.3** En consecuencia con su responsabilidad, aunque bajo la supervisión del profesional a cargo de los estudios o de la obra, el laboratorista vial deberá conocer y dominar las técnicas de muestreo y ensayo, evaluación e interpretación de los resultados, elaboración y emisión de informes y manejo del personal subalterno. Además, deberá tener conocimiento sobre el manejo de información técnica, el control de calidad, la dosificación de los materiales y demás aspectos del proceso constructivo.
- I.3.4** Para demostrar su idoneidad, el laboratorista deberá tener título de geotecnólogo o de técnico en construcción de obras civiles con matrícula que lo respalde si así lo tiene establecido la reglamentación vigente y, además, deberá presentar un documento, expedido por una organización de normalización reconocida o un establecimiento universitario aprobado, donde se certifique que es competente para llevar a cabo los procedimientos propios de los ensayos descritos en la presente versión de las normas de ensayo de materiales. En consecuencia, dicho certificado deberá haber sido expedido con posterioridad a la fecha de adopción de estas normas por el Ministerio de Transporte.
- I.3.5** No es la intención del Instituto Nacional de Vías que al individuo le sea certificada su competencia para todos los ensayos incluidos en las presentes normas, sino que demuestre su idoneidad para la ejecución de los ensayos fundamentales en diferentes módulos, que incluyan los ensayos rutinarios en los trabajos relacionados con los estudios, la ejecución y el control de las obras a cargo de la entidad. En este orden de ideas, el laboratorista vial deberá estar obligatoriamente calificado en los módulos que exija el Instituto Nacional de Vías en el pliego de condiciones o en los términos de referencia del respectivo proyecto, entre los siguientes: Suelos, Agregados Pétreos, Concretos, y Mezclas Asfálticas.

I.4 SEGURIDAD E HIGIENE

I.4.1 Las normas de ensayo de materiales contienen un conjunto de instrucciones para realizar una o más operaciones específicas y no pretenden tratar sobre los eventuales problemas de seguridad asociados con su empleo. Aunque ocasionalmente incluyen previsiones específicas sobre la protección de los operarios, de terceros y de los equipos e instalaciones, no resulta posible incluir en ellas todos los asuntos relacionados con la seguridad. Por lo tanto, es de absoluta responsabilidad del usuario de cada norma, adoptar las medidas de seguridad e higiene adecuadas y determinar la aplicabilidad de las limitaciones legales, antes de su uso. El Instituto Nacional de Vías no asume responsabilidad alguna por los accidentes y riesgos derivados del uso de las normas incluidas en el manual.

I.4.2 Es política del Instituto Nacional de Vías asegurar que los riesgos de todos los productos, equipos, procedimientos y métodos de ensayo sean debidamente identificados, y que la información relacionada con ellos sea oportuna y debidamente transmitida a los empleados de cada laboratorio, por parte de la persona legalmente responsable del mismo. En consecuencia, la ejecución de cualquiera de los ensayos a los cuales se refieren las normas contenidas en este Manual – tanto las que se deban realizar en las instalaciones del laboratorio como en el terreno – implica una declaración implícita del laboratorio que la realiza, en el sentido de que posee un manual de seguridad completo, aprobado por entidad competente, y que todo el personal involucrado directa o indirectamente en su aplicación tiene cabal conocimiento de él y está comprometido con su cumplimiento.

I.5 SISTEMA DE UNIDADES

I.5.1 Las dimensiones que se presentan en unidades SI en las diferentes normas se deben considerar como el estándar. Los valores en sistema inglés que las suelen acompañar entre paréntesis no son estándar y, por lo general, no corresponden a conversiones matemáticas exactas. Cada sistema se debe usar de manera separada. La combinación de valores de los 2 sistemas puede dar como resultado una no conformidad con el estándar.

I.6 EL REDONDEO EN LA APLICACIÓN DE LAS NORMAS

I.6.1 A continuación se describe el procedimiento de redondeo que se debe emplear para todos los cálculos y registros de datos al efectuar los ensayos de materiales, salvo cuando un método específico cite un método de redondeo diferente como sucede, por ejemplo, con el equivalente de arena descrito en la norma INV E-133.

Nota: La norma INV E-823-13, presenta un procedimiento de redondeo, que puede o no coincidir con el que se describe a continuación, el cual es aplicable, específicamente, a la verificación del cumplimiento de las especificaciones de construcción.

I.6.2 Cuando la cifra siguiente a la última cifra o lugar a ser retenido es menor de 5, la cifra que se encuentre en el último lugar a retener permanecerá sin cambio, como lo muestran los siguientes ejemplos:

- El redondeo de 6.6323 a la milésima más cercana es 6.632
- El redondeo de 55233.343 a la centésima más cercana es 5523.34
- El redondeo de 7865.52 a la décima más cercana es 7865.5
- El redondeo de 9543.1 al entero más cercano es 9543
- El redondeo de 7233 a las unidades de 10 más cercanas es 7230
- El redondeo de 8139 a las unidades de 100 más cercanas es 8100
- El redondeo de 2497 a las unidades de 1000 más cercanas es 2000

I.6.3 Cuando la cifra siguiente a la última cifra o lugar a ser retenido sea igual o mayor de 5, la cifra que se encuentre en el último lugar a retener se incrementará en una unidad, como lo muestran los siguientes ejemplos:

- El redondeo de 5819.4575 a la milésima más cercana es 5819.458
- El redondeo de 9027.315 a la centésima más cercana es 9027.32
- El redondeo de 4450.75 a la décima más cercana es 4450.8
- El redondeo de 3366.5 al entero más cercano es 3367
- El redondeo de 7125 a las unidades de 10 más cercanas es 7130
- El redondeo de 8850 a las unidades de 100 más cercanas es 8900
- El redondeo de 7500 a las unidades de 1000 más cercanas es 8000

- El redondeo de 5.4577 a la milésima más cercana es 5.458
- El redondeo de 9027.348 a la centésima más cercana es 9027.35
- El redondeo de 78.38 a la décima más cercana es 78.4
- El redondeo de 1002.9 al entero más cercano es 1003
- El redondeo de 6826 a las unidades de 10 más cercanas es 6830
- El redondeo de 3872 a las unidades de 100 más cercanas es 3900
- El redondeo de 4660 a las unidades de 1000 más cercanas es 5000

I.6.4 Ningún resultado se deberá redondear más de una vez, como se ilustra en el siguiente ejemplo: 3024.5 redondeado a las unidades de 10 más cercanas es 3020. Es incorrecto redondear primero 3024.5 a 3025 y, luego, redondear por segunda vez a 3030.

I.6.5 Las calculadoras electrónicas y los computadores suelen suministrar muchas cifras decimales en exceso de las necesarias para verificar la exactitud. A veces, los resultados de los cálculos que utilizan estos valores son diferentes de los que se obtienen cuando las operaciones se realizan con valores que han sido redondeados al grado deseado de exactitud mediante las reglas que se acaban de mencionar. El usuario queda advertido de que el uso de un computador o una calculadora electrónica sin reentrada de valores luego del redondeo y el descarte de cifras más allá de las que se requieren, puede producir variaciones inaceptables en los resultados finales.

I.7 DECLARACIONES SOBRE PRECISIÓN Y SESGO EN LAS NORMAS DE ENSAYO DE MATERIALES

I.7.1 La Sección relacionada con la precisión y el sesgo constituye la hoja de vida de una norma de ensayo. Ella proporciona la validación del método y asegura que puede hacer lo que pretende.

I.7.2 Todo ensayo en su aplicación al proceso de medida de una propiedad de un material lleva asociada con él una precisión. Al ensayar distintas muestras de un mismo material, manteniendo constantes todas las condiciones de ensayo, lo más probable es que no se obtengan resultados idénticos. Esto se debe a los errores que se cometen al preparar las muestras y en el proceso de medida.

I.7.3 Por lo tanto, conocer el valor verdadero que tiene una determinada propiedad de un material a partir de la aplicación de un número finito de ensayos resulta prácticamente imposible. Pero, a partir de estos resultados, se puede determinar un intervalo en el cual se tenga una gran probabilidad de que se encuentre incluido el valor de la propiedad que se está evaluando. La amplitud de este intervalo es lo que determina la precisión del proceso de medida.

I.7.4 Dependiendo de la precisión del proceso de medida, oscilará también la mayor o menor proximidad entre las medidas individuales observadas. La precisión es “la cercanía de la concordancia entre resultados de ensayo independientes obtenidos bajo condiciones estipuladas”, mientras el sesgo es “un error sistemático, inherente al método de ensayo, que contribuye a la diferencia entre la media de las medidas de una población o entre los resultados de los

ensayos y el valor real o que se acepte como referencia”. En otras palabras, la precisión habla de qué tan cerca se encuentra un resultado de otro y el sesgo habla de qué tan cerca están los resultados del valor verdadero.

- I.7.5** En la evaluación de un método de ensayo se usan dos medidas diferentes de precisión: la precisión de un solo operador (llamada repetibilidad) y la precisión entre laboratorios o multilaboratorio (llamada reproducibilidad). La primera se refiere a la variabilidad entre los resultados de múltiples ensayos realizados por un operador en el mismo laboratorio, mientras la segunda se refiere a la variabilidad entre los resultados de ensayos simples adelantados en varios laboratorios. Ambas se calculan como desviaciones estándar de los resultados de los ensayos. Juntas, la repetibilidad y la reproducibilidad, establecen los límites superior e inferior a la precisión de un método de ensayo.
- I.7.6** La declaración de precisión en una norma incluye las desviaciones estándar (denominadas frecuentemente como “1s”) y los límites con 95 % de confianza en la diferencia entre dos resultados de ensayo (denominados frecuentemente como “d2s”). Los límites del 95 % son numéricamente iguales a $2\sqrt{2} = 2.828$ veces las respectivas desviaciones estándar, para datos que se sabe que están distribuidos normalmente. Este mismo valor se puede considerar correcto, también, para la mayoría de los datos que no se ajustan a la distribución normal.
- I.7.7** Los límites de un solo operador (repetibilidad) representan la mayor diferencia aceptable entre los resultados de dos ensayos adelantados por el mismo operador, en el mismo laboratorio y empleando el mismo equipo para ensayar dos muestras presumiblemente idénticas del mismo material. Los límites multilaboratorio (reproducibilidad) representan la mayor diferencia aceptable entre los resultados de dos ensayos adelantados sobre dos muestras presumiblemente idénticas por dos operadores en laboratorios diferentes.
- I.7.8** Una declaración típica de precisión para un ensayo de medición de resistencia a la compresión de cilindros de concreto puede ser, por ejemplo, la siguiente: (1) La desviación estándar de un solo operador (límite 1s) se ha establecido en 11 kgf/cm^2 , dentro del rango de resistencia entre 160 y 300 kgf/cm^2 . Por lo tanto, los resultados de dos ensayos adecuadamente realizados por el mismo operador no deben diferir en más de 31 kgf/cm^2 (límite d2s); y (2) La desviación estándar multilaboratorio (límite 1s) se ha establecido en 16 kgf/cm^2 , dentro del rango de resistencia entre 160 y 300 kgf/cm^2 . Por lo tanto, los resultados de dos ensayos adecuadamente realizados en diferentes laboratorios no deben diferir en más de 45 kgf/cm^2 (límite d2s).

I.7.9 ¿Qué significa lo anterior? Significa que si, por ejemplo, el técnico de laboratorio rompe dos cilindros del mismo concreto y uno presenta una resistencia 28 kgf/cm^2 menor que el otro, no se puede concluir que un material es más débil que el otro, porque la diferencia se puede deber a errores aleatorios en el ensayo (la diferencia es menor de 31 kgf/cm^2). Si, en cambio, un cilindro presenta una resistencia 40 kgf/cm^2 menor que el otro, sí se puede concluir que es posible que el material sea más débil. Esta clase de información es muy importante en el momento de redactar especificaciones.

I.7.10 En los casos en que los resultados de los ensayos se pueden comparar con un valor de referencia aceptado, se puede redactar también una declaración sobre sesgo, que establece la magnitud con la que el ensayo puede sobreestimar o subestimar el valor correcto. El sesgo se expresa como un intervalo de 95 % de confianza en la diferencia entre los resultados de los ensayos y el valor real. Por ejemplo: “se halló que el sesgo del método de ensayo, con 95 % de confianza, se encuentra entre 0.0062 y 0.0071”. Para la mayoría de los métodos de ensayo, no hay valor de referencia disponible, por lo que no se puede establecer el sesgo. En tales casos, es preferible indicar este hecho en la norma, que omitir cualquier referencia al sesgo.

I.8 CONSIDERACIONES FINALES

I.8.1 Aunque este documento se ha elaborado con el mayor de los cuidados, el Instituto Nacional de Vías no acepta responsabilidades por las imprecisiones de su contenido o por cualquier consecuencia derivada de su uso. Las personas que usen la información incluida en las diferentes normas del Manual deberán disponer de buen juicio técnico y aplicar el sentido profesional en relación con cada uno de los asuntos que estén considerando.

I.8.2 Las fotografías y los dibujos de equipos utilizados en las diferentes normas de este documento tienen como único propósito ilustrar los textos, y no implican preferencia alguna por parte del Instituto Nacional de Vías por cualquier marca o modelo en particular.