

NOTA IMPORTANTE:

La entidad sólo puede hacer uso de esta norma para si misma, por lo que este documento NO puede ser reproducido, ni almacenado, ni transmitido, en forma electrónica, fotocopia, grabación o cualquier otra tecnología, fuera de su propio marco.

ININ/ Oficina Nacional de Normalizació

n

PRINCIPIOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LOS ESQUEMAS DE JERARQUIA PARA LOS INSTRUMENTOS DE MEDICION

Principles for the establishment
of hierarchy schemes for
measuring instruments.

Descriptores Generalidades; Organización; Esquema;
Instrumento de medida..

ICS: 17. 020

1: Edición

1996

REPRODUCCION PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 Vedado, Ciudad Habana
Teléf: 30-0835 Fax: (537) 33-8048

La Oficina Nacional de Normalización (NC), es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba y representa al país ante las organizaciones internacionales y regionales de Normalización.

La preparación de las Normas Cubanas se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. La aprobación de las Normas Cubanas es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en la evidencia de consenso.

Esta norma:

! Ha sido elaborada por la Oficina Nacional de Normalización.

! Consta de 2 Anexos.

! Esta norma es idéntica a la **OIML D 5 A Principios para el establecimiento de los esquemas de jerarquía para los instrumentos de medición.** ≡ adoptada en 1982 por el Comité Internacional de Metrología Legal. Primera Edición 1982.

8 NC, 1996.

Todos los derechos reservados, a menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada por alguna forma o medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias o microfilmes, sin el permiso previo escrito de : Oficina Nacional de Normalización (NC).

Calle E No. 261 Ciudad de la Habana, Habana 3. Cuba.

Impreso en Cuba.

INDICE

1. Introducción	1
2. Estructura teórica de un esquema de jerarquía	3
2.1 Niveles de un esquema de jerarquía nacional	3
2.2 Esquema de jerarquía internacional	5
3. Contenido de un esquema de jerarquía	5
3.1 Principios de construcción de los patrones y ejecución práctica	6
3.2 Incertidumbre en el valor verdadero de los patrones y de los resultados de las mediciones efectuadas en cada nivel de un esquema de jerarquía.	6
3.3 Patrones para diferentes rangos de valores de una magnitud.	7
3.4 Relaciones entre los patrones	7
3.5 Estabilidad de los patrones y reproducibilidad de las mediciones.	8
3.6 Periodicidad de las calibraciones en todos los niveles.	8
3.7 Disposiciones recomendadas para la conservación de los patrones.	8
Anexo I Esquema de jerarquía nacional.....	9
Anexo II Ejemplo de realización práctica de un esquema de jerarquía : cadenas de calibración	10
1. Niveles 1 y 2	10
2. El nivel 3	11
3. Nivel 4	12

PRINCIPIOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LOS ESQUEMAS DE JERARQUIA PARA LOS INSTRUMENTOS DE MEDICION

1. Introducción

1.1 La calibración de un instrumento de medición es el conjunto de operaciones que tienen como objetivo asignar valores a los errores del instrumento y, en algunos casos, determinar otras propiedades metrológicas.

La calibración debe ejecutarse a intervalos periódicos. Esto permite seguir la evolución de los instrumentos y evitar discrepancias, ya sea en una misma empresa, o entre compradores y suministradores. Esto también, permite obtener un mejor conocimiento de la calidad de un instrumento y proporcionar información a posibles compradores.

La calibración puede ser efectuada ya sea o por un método de medición absoluto, o por comparación con un patrón de medición^{(1)(*)} el cual se toma de referencia.

El patrón puede ser un instrumento de medición, una instalación especialmente designada para materializar una unidad o un múltiplo o submúltiplo de esa unidad, o un material de referencia.

Generalmente están asociados al patrón un método de referencia de valores y un dispositivo de transferencia para las comparaciones entre patrones.

Ejemplo: interferómetro para comparar las longitudes de ondas luminosas con radiación patrón de Kriptón-86.

Para materializar las unidades de medición se hace referencia, tanto como sea posible, a los fenómenos físicos que se reproducen constantemente con un alto grado de exactitud

⁽¹⁾ Nota: La terminología utilizada en el presente Documento Internacional está acorde en principio con el Vocabulario de Metrología Legal, edición de 1978. Sin embargo, también se ha tenido en cuenta el proyecto de Vocabulario Internacional de términos básicos y generales usados en Metrología (VIM) el cual en la actualidad es elaborado por un grupo de trabajo mixto compuesto por representantes del BIPM, IEC, ISO y OIML. La terminología utilizada en el presente Documento Internacional puede ser revisada cuando el VIM haya sido implantado definitivamente.

(*) En este documento llamado "Patrón"

(metro, segundo, ...). Por eso se requiere algún equipamiento para materializar o para conservar esas unidades (lámparas de Kriptón-86, patrón de haz de cesio para tiempo y frecuencia ...).

1.2 Los patrones de la misma magnitud deben estar situados en una jerarquía, es decir, la incertidumbre relativa a ellos debe ser determinada de forma tal que cada patrón sea adaptado para un determinado uso.

Esta jerarquía representa la secuencia de etapas utilizadas para relacionar las características metrológicas de cualquier instrumento de medición con respecto al patrón primario para la magnitud considerada. La jerarquía de los instrumentos de medición de esa magnitud se concreta en forma de una cadena de calibración cuyo objetivo es mantener la exactitud de los instrumentos de medición en uso. Las cadenas de calibración pueden tomar formas diferentes en dependencia del país.

1.3 Este Documento comprende, además del introductor Capítulo 1, las tres partes siguientes:

- el Capítulo 2, que concierne a la estructura teórica de un esquema de jerarquía; éste describe los diferentes niveles, los patrones correspondientes y el paso de un nivel al otro; contiene además, algunas consideraciones relativas a un esquema de jerarquía internacional.

- el Capítulo 3, que se completa con el Anexo I, ofrece la información que debe ser incluida en un esquema de jerarquía y en la descripción de una cadena de calibración, que permite a los Estados instituir cadenas nacionales de calibración en sus propios países de acuerdo a sus necesidades y a sus facilidades.

- el Anexo II, que ofrece un ejemplo de una cadena de calibración para instrumentos de medición para una magnitud dada; la cadena de calibración es una realización práctica del esquema de jerarquía correspondiente; los comentarios incluidos en esta parte explican las diferentes posibilidades de una estructura de cadena de calibración.

1.4 El presente Documento tiene por objeto:

- proponer las reglas generales para el establecimiento de esquemas de jerarquía para instrumentos de medición de diferentes magnitudes. Esos esquemas conducen a realizaciones prácticas, descritas en el texto como cadenas de calibración.

- definir y explicar los conceptos utilizados en esos esquemas.

Dada su generalidad, este Documento no se aplicará seguramente en todos los casos. Sus principios pueden, a veces, ser cuestionados (ver punto 1.5). Sin embargo, los Secretariados Informantes de la OIML deben tratar de seguir los lineamientos principales, de forma que los esquemas de jerarquía que se presenten estén contruidos con cierto grado de uniformidad.

Las posibles divergencias con el esquema general se podrán destacar, de forma tal, que atraiga la atención de los Estados. Es conveniente la justificación de tales divergencias.

Los Secretariados Informantes no deben conferir ni una estructura demasiado rígida a los esquemas de jerarquía que ellos establezcan, ni atribuir determinados valores obligatorios a las características de los patrones.

Un esquema de jerarquía es un modelo que contiene los datos más recomendados, pero que ofrece la posibilidad para una cierta libertad de selección en la concepción de los patrones a diferentes niveles, así como en la determinación de los niveles mismos (número de niveles, conexión entre niveles, subniveles o ramas paralelas, etc.).

Este Documento debe adecuarse para ser usado por las organizaciones que desean establecer cadenas de calibración para sus instrumentos, a nivel nacional, de acuerdo con las necesidades de cada país y de conformidad con las Recomendaciones Internacionales.

1.5 El único objetivo importante de todos los esquemas de jerarquía para instrumentos de medición es reducir, en todo lo posible, los errores de medición y de ofrecer el máximo de confianza en todas las mediciones, incluyendo aquellas más comunes.

La búsqueda de una mejor calidad en las mediciones comunes constituye la verdadera razón para la existencia de los esquemas de jerarquía. Esto puede ser logrado por diferentes vías, el esquema clásico el cual está basado en la cadena de calibración directa, es el más extensamente utilizado.

Sin embargo, ese no es el único esquema de jerarquía disponible y, según las circunstancias, pueden preferirse otras vías para alcanzar ese objetivo. Estas no se tratan en este Documento, pero pudieran describirse en otros Documentos Internacionales.

2. Estructura teórica de un esquema de jerarquía

2.1 Niveles de un esquema de jerarquía nacional

2.1.1 Nivel 1

En este nivel se encuentran el patrón primario nacional así como el patrón duplicado o patrones que se destinan, ya sea para el control de la invariabilidad del patrón primario o para sustituir ese patrón si ha perdido sus cualidades metrológicas, o si el mismo ha sido extraviado.

El patrón primario es un patrón de una magnitud dada, el cual tiene las más altas cualidades metrológicas en un campo determinado.

Ese campo puede ser o un campo de utilización o un rango de valores de la magnitud; a cada campo está asociado un patrón primario más apropiado para representar la unidad, o un múltiplo o submúltiplo de la unidad de esa magnitud.

Nota: El patrón primario no representa necesariamente la unidad de la magnitud considerada. En efecto, puede ser más fácil representar un múltiplo o submúltiplo de una unidad antes que la unidad misma.

2.1.2 Nivel 2

En este nivel se encuentran los patrones secundarios obtenidos por comparación con el patrón primario, utilizando métodos y medios variables según las magnitudes concernientes.

Un patrón secundario puede ser utilizado para calibrar los patrones de orden inferior de exactitud, designándose entonces como patrón de referencia.

2.1.3 Nivel 3

En este nivel se encuentran los patrones de trabajo de tercer orden obtenidos por comparación con los patrones de referencia. Estos patrones pueden diferir en naturaleza o diseño de los patrones de referencia, bien sea para proporcionar facilidad en su manipulación o transporte, o para reducir los costos.

Los métodos y medios utilizados para la comparación entre los patrones secundarios y de trabajo son los más importantes, ya que ellos no son idénticos y por eso su comparación se hace más delicada.

Un patrón de trabajo es usado:

- para verificar instrumentos comunes de trabajo con un grado de exactitud menor,
- para calibrar instrumentos de medición considerados como patrones de trabajo con un grado de exactitud menor. Entonces el patrón de trabajo es considerado como un patrón de referencia y es conservado bajo buenas condiciones, de forma tal que su comparación con el patrón secundario pueda ser efectuada con menos frecuencia.

La selección entre estos dos métodos de utilización de los patrones de trabajo depende de la disposición geográfica y de la organización económica o política de los países.

2.1.4 Nivel 4

En este nivel se encuentran los patrones de trabajo obtenidos por comparaciones con patrones de trabajo de tercer orden considerados como patrones de referencia.

La exactitud de esos patrones es frecuentemente suficiente en diversos sectores de la industria. Sin embargo, determinadas industrias requieren el uso de instrumentos de una calidad metrológica más elevada; en ese caso, se usan los patrones de trabajo de tercer orden.

Nota: Ejemplo de un esquema de jerarquía nacional, omitiendo el nivel 4, se muestra en el Anexo I.

2.2 Esquema de jerarquía internacional

2.2.1 Un esquema de jerarquía internacional debe indicar los enlaces existentes entre el patrón internacional y el patrón nacional.

2.2.2 El establecimiento de un esquema de jerarquía internacional supone la existencia de un patrón internacional.

En ausencia del patrón internacional uno o varios países pueden decidir crear un patrón para la unidad de determinada magnitud, donde exista una necesidad para ello. Si ese patrón se reconoce por otros países, éste desempeñará la función de un patrón internacional. Es necesario, entonces, definir el área geográfica en la cual se aplica este reconocimiento internacional.

3. Contenido de un esquema de jerarquía

El propósito de los esquemas de jerarquía es permitir a los Estados establecer cadenas de calibración. Un ejemplo está dado en el Anexo II.

Estos esquemas contienen suficiente información para asegurar cierto grado de uniformidad para las cadenas de calibración establecidas en los diferentes países y hacer posible de esta forma la interrelación de estos esquemas a nivel internacional.

En particular, los esquemas de jerarquía deben proporcionar la información siguiente referente a los diferentes niveles y a los patrones que deben ser incluidos:

- principios conocidos utilizados para la realización de los patrones, con ejemplos de ejecución práctica,
- incertidumbre referente a la libertad de sesgo de los patrones, la cual no puede ser

excedida en cada nivel, tomando en cuenta el desarrollo científico y técnico en el campo considerado.

- campos de medición en los cuales los patrones son válidos,
- métodos de referencia de valores y dispositivos de transferencia recomendados para los diferentes niveles, con una relación y, donde sea posible, la evaluación de las mediciones que éstas pueden admitir,
- estabilidad de los patrones y reproducibilidad de las mediciones en el tiempo y métodos utilizados para garantizar que los patrones posean esas cualidades,
- periodicidad de calibración,
- disposiciones recomendadas para la conservación de los patrones.

3.1 Principios de construcción para los patrones y ejecución práctica.

Un esquema de jerarquía para una magnitud dada recomienda, en cada nivel, los principios de construcción para los patrones que generalmente se conocen y utilizan, y los métodos para su uso con la exactitud deseada.

Deben indicarse las ejecuciones prácticas consideradas como las mejores.

Se recomienda proporcionar referencias bibliográficas, o los anexos que contengan descripciones detalladas, y donde sea posible, los métodos de uso para los instrumentos o instalaciones, las precauciones que se deben tomar para obtener buenas mediciones, los errores a evitar, etc.

3.2 Incertidumbre en el valor verdadero de los patrones y de los resultados de las mediciones efectuadas en cada nivel de un esquema de jerarquía

Es necesario determinar la naturaleza de las incertidumbres, su orden de cantidad y los límites que no deben ser excedidos, teniendo en cuenta el estado de desarrollo científico y técnico en el campo considerado.

Esos límites resultan de la combinación de:

- las incertidumbres en la aplicación de la definición de la unidad o en el valor de su representación material, y
- las estimaciones de los errores sistemáticos y aleatorios los cuales pueden ocurrir para las mediciones realizadas en cada nivel del esquema de jerarquía.

Los errores máximos permisibles para los instrumentos de medición comunes no deben

ser indicados puesto que ellos son establecidos por Recomendaciones Internacionales o regulaciones nacionales y son modificados a intervalos bastante regulares.

El paso de un nivel al próximo del esquema de jerarquía está acompañado de una reducción de la exactitud de los patrones. Desde el punto de vista técnico, no parece natural pretender señalar la relación entre las inexactitudes de los patrones de los dos niveles considerados.

Esa relación puede variar entre 2 y 10 según las magnitudes consideradas. Para algunas magnitudes, los problemas de medición son tan grandes que una mejoría en la exactitud por un factor de 2 constituye un progreso considerable. Por el contrario, para otras magnitudes, algunas veces es técnicamente posible aplicar una razón de 10 entre dos niveles.

3.3 Patrones para diferentes rangos de valores de una magnitud

En algunos niveles en el esquema de jerarquía, se hace a veces necesario, definir un número de rangos para la magnitud, en los cuales los patrones utilizados son diferentes.

En el caso de presión, por ejemplo, el manómetro de presión de mercurio con mediciones interferométricas constituye un excelente instrumento patrón para las presiones comprendidas entre 10^3 y 10^5 pascal. Para presiones superiores se utilizarán manómetros de presión tipo pistón (balanzas de presión). Para presiones muy bajas, las técnicas e instrumentos de medición serán completamente diferentes.

Por lo tanto, es necesario definir tan estrechamente como sea posible, los rangos de valores para la magnitud considerada y también los errores que pueden ser encontrados y que no deben ser excedidos en cada uno de esos campos.

Los rangos adyacentes deben solaparse, presentando una zona común en la cual puedan ser comparados los resultados de las mediciones efectuadas con los patrones utilizados en esa zona común.

3.4 Relaciones entre los patrones

3.4.1 En general, los esquemas de jerarquía proporcionan el paso de un nivel a otro por medio de la calibración de un instrumento (o un sistema de medición) de nivel n utilizando un instrumento de nivel $(n - 1)$.

3.4.2 La relación entre dos patrones de un mismo nivel puede hacerse:

- tomando uno como patrón del otro, o

- utilizando un patrón de comparación transportable, llamado patrón viajero ⁽¹⁾, que es comparado sucesivamente con los dos patrones examinados,
- comparando simultáneamente esos dos patrones al mismo fenómeno físico.

Cada laboratorio aplica sus propios métodos de calibración, de manera que la comparación se refiera tanto a los propios patrones como a los métodos de laboratorio utilizados.

3.5 Estabilidad de los patrones y reproducibilidad de las mediciones

La estabilidad puede ser considerada como la primera cualidad de un patrón, siendo la condición indispensable ("sine qua non") para la reproducibilidad de las mediciones; la estabilidad debe ser confirmada. Cualquier deriva existente debe ser evaluada y señalada para así prevenir a los servicios de metrología contra las variaciones rápidas e importantes en los valores del patrón. Los procedimientos utilizados para verificar la estabilidad de los patrones deben ser especificados.

3.6 Periodicidad de las calibraciones en todos los niveles

⁰ Ejemplos de patrones "viajeros"

- patrón de resistencia,
- sistema de medición de un gas a alta presión, donde se hace circular por conductos que han sido sucesivamente ensayados y calibrados en diferentes países,
- lámparas transportables de arco de argón y deuterio, en radiometría, en el rango ultravioleta,
- material de referencia, bolas de acero, cristal, etc.,
- cadenas de medición de la aceleración, cada una incorporando un transductor de aceleración, un amplificador de carga y cable de conexión para la comparación de transductores de aceleración de frecuencia media.

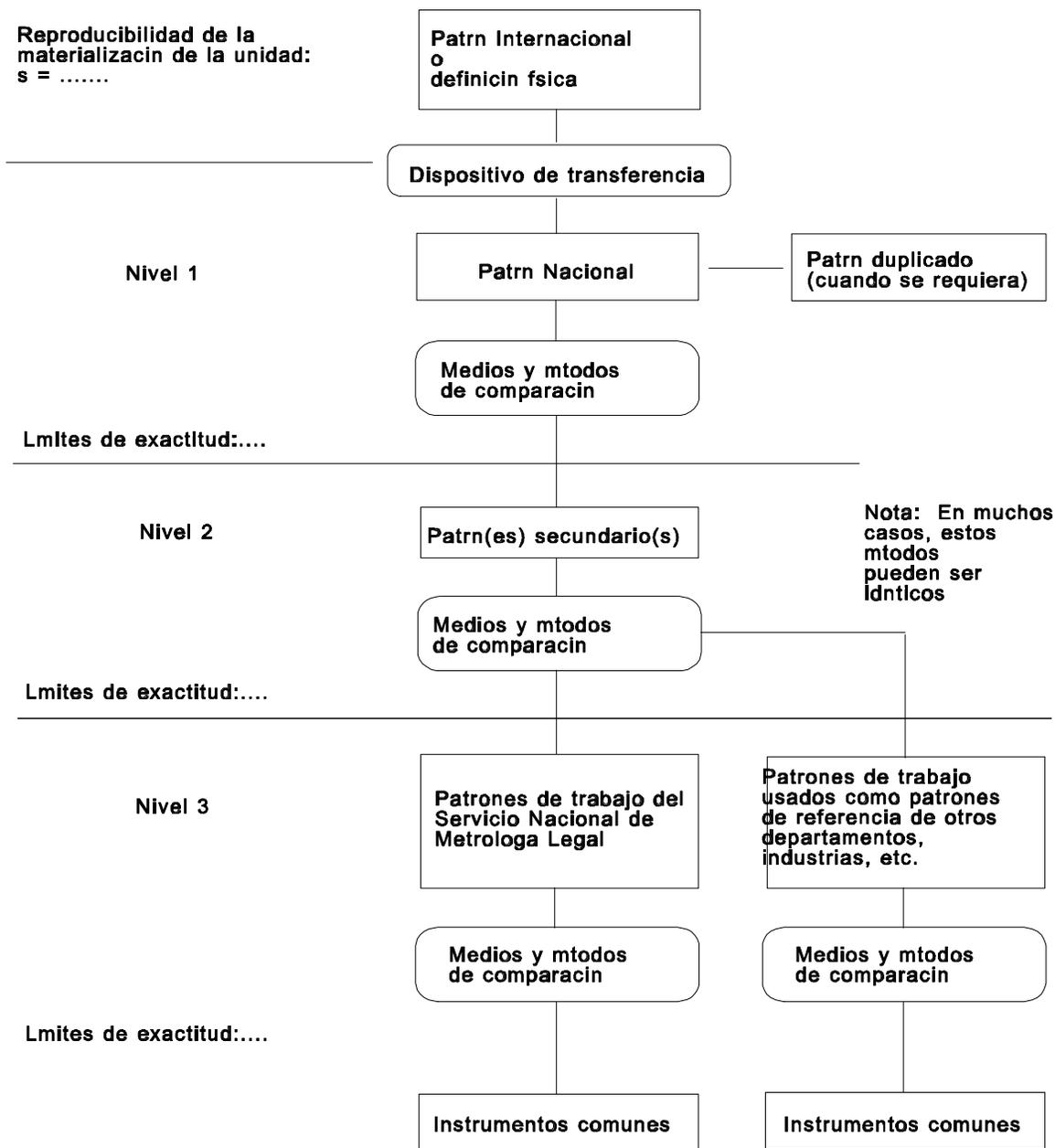
Es conveniente indicar en los esquemas de jerarquía la periodicidad a aplicar para la recalibración de los patrones de los diferentes niveles a fin de mantener su exactitud. Esa periodicidad se determina en función de la estabilidad de los patrones y su uso, conservación y grado de exactitud.

3.7 Disposiciones recomendadas para la conservación de los patrones

Las condiciones generales para la conservación de los patrones deben ser mencionadas en el esquema de jerarquía, así como las condiciones especiales para la conservación, manipulación y utilización adecuada de los patrones de mayor exactitud.

Esas condiciones se especifican y explican en el Documento elaborado por el Secretariado OIML SP 23-Sr 2 "Principios concernientes al reconocimiento oficial uso y conservación de los patrones".

ESQUEMA NACIONAL DE JERARQUA ejemplo omitiendo el nivel 4



Anexo II

Ejemplo de una realización práctica de un esquema de jerarquía: cadenas de calibración

Una cadena de calibración para una magnitud dada, comprende un conjunto de patrones y los medios para comparar esos patrones con cada uno de los otros, asegurando la trazabilidad de las mediciones en la industria con aquellas del laboratorio que posee el patrón primario nacional, es decir la trazabilidad de los instrumentos de medición en uso con el patrón nacional.

Una cadena de calibración se establece de acuerdo con el esquema teóricamente básico que se describe en este Documento, teniendo en cuenta las peculiaridades de los diferentes Estados que hacen uso de él.

Así, ella contiene los mismos niveles como en el esquema de jerarquía, pero no es posible describir los patrones sin mencionar los laboratorios que los poseen y sin señalar el rol de esos laboratorios en la cadena de calibración.

El número de laboratorio y su localización geográfica en el país, el número y naturaleza de los patrones que éstos poseen diferirá entre una federación de estados y un país con una estructura centralizada, entre un estado con un vasto territorio y un país con una superficie pequeña.

Por esa razón, el ejemplo ofrecido a continuación, realmente existente en el nivel nacional, es solamente para guía.

1. Niveles 1 y 2

1.1 Estos niveles son generalmente representados por los mismos laboratorios, denominados "laboratorios primarios", los cuales poseen los patrones primarios y secundarios del país considerado.

Los patrones nacionales son patrones reconocidos por decisión oficial nacional para servir como base para el establecimiento de los valores de todos los otros patrones en un país.

1.2 El laboratorio que posee y conserva el patrón nacional para determinada magnitud se denomina laboratorio primario nacional. Este posee también los patrones secundarios, los que constituyen sus patrones de referencia.

El calificativo "nacional" indica que tal laboratorio ha recibido en su país el reconocimiento oficial para conservar el patrón nacional para la magnitud considerada.

Su tarea es:

- conservar y donde sea posible, mejorar los patrones de los niveles 1 y 2,
- realización óptima de los múltiplos y submúltiplos de las unidades, ya sea por su materialización o por métodos de valores de referencia,
- concebir y desarrollar métodos para la comparación de patrones y determinación de sus incertidumbres.

Notas:

- a - Es posible que otros laboratorios, además del laboratorio primario nacional, posean patrones primarios y secundarios. Todos esos patrones primarios deben ser trazables a los patrones primarios nacionales.

Esta situación se presenta en los estados federados, o en estados con territorios de gran extensión. En tales casos, pueden existir varios laboratorios primarios que poseen patrones primarios y secundarios. Sin embargo, solamente existe un patrón nacional para una magnitud dada.

- b - Cuando existe un patrón internacional, tal como el prototipo del kilogramo, que lo posee el Buró Internacional de Pesas y Medidas, los patrones comparados con el patrón internacional pueden ser considerados, desde el punto de vista internacional, como patrones secundarios. Sin embargo, en el contexto nacional, éstos son no obstante, patrones primarios y uno de ellos es el patrón nacional.

2. Nivel 3

2.1 Los patrones que poseen los laboratorios que tienen un carácter oficial, a parte de los de los laboratorios primarios, son usados para la calibración de los patrones de trabajo o los instrumentos de medición comunes.

Esos laboratorios de alto nivel son frecuentemente laboratorios de un carácter científico que se dedican a investigaciones fundamentales o aplicadas.

En casos excepcionales, éstos también corresponden a los departamentos metrológicos de ciertas industrias grandes, oficialmente reconocidas y que tienen relaciones directas con los laboratorios primarios.

El Servicio Nacional de Metrología Legal está ubicado generalmente en el nivel 3, ya que sus patrones se relacionan a los patrones secundarios de los laboratorios primarios nacionales para las diferentes magnitudes.

La posesión de patrones del nivel 3 es generalmente suficiente para ese Servicio, cuya actividad concierne principalmente a los instrumentos de medición utilizados en la industria y el comercio.

Sin embargo, en algunos países, el Servicio Nacional de Metrología Legal posee también

patrones primarios, y algunas veces los patrones primarios nacionales, especialmente para magnitudes básicas como masa, longitud, etc. Así se convierte en laboratorio primario nacional para esas magnitudes.

Esta posición en la jerarquía de los laboratorios da al Servicio Nacional de Metrología Legal la competencia oficial para la calibración de todos los instrumentos utilizados para medir esas magnitudes.

2.2 Puede existir un paso directo del nivel 3 a los instrumentos de medición comunes, de modo que los patrones del nivel 3 se utilicen directamente para calibrar o verificar los instrumentos de medición comunes, sean nuevos, reparados o en uso.

Esta situación es fácilmente comprensible en países poco industrializados, que tienen un número reducido de laboratorios especializados en metrología.

3. Nivel 4

En los países con industrias poderosas se recomienda crear un cuarto nivel.

En efecto, cualquier empresa industrial grande dispone de una gran cantidad de instrumentos de medición para las necesidades de sus laboratorios y otros departamentos. Es muy difícil imaginarse que todos esos instrumentos sean comparados directamente con los patrones del nivel 3.

Tal empresa necesita tener sus propios patrones para calibrar o verificar los instrumentos de medición comunes. Esos patrones del nivel 4 deben estar incluidos en la cadena de calibración y, deben por tanto, ser calibrados por comparación con los patrones del nivel 3.

El departamento metrológico de la empresa es responsable por:

- la conservación de los patrones del nivel 4, garantizando que éstos sean comparados periódicamente con los patrones del nivel 3,
- la calibración de los patrones del nivel 5, utilizados como patrones de trabajo.

Se crea así, en estas empresas la cadena de calibración interna, enlazada con las cadenas de calibración nacionales y también con los patrones internacionales existentes a través de los laboratorios primarios.