



# Metrología

## Boletín Informativo

Año 03 Núm. 04 marzo, 2003

### Editorial

El viernes 10 de enero, el Presidente de México, Lic. Vicente Fox Quezada confirmó el nombramiento del hasta entonces Secretario de Economía, Dr. Luis Ernesto Derbez Bautista como Canciller Mexicano ante la renuncia del Dr. Jorge Castañeda Gutman al cargo de Secretario de Relaciones Exteriores.



Ese mismo día respondiendo a la invitación hecha por el Presidente, el Lic. Fernando Canales Clariond presentó su renuncia como Gobernador Constitucional ante el Congreso del Estado de Nuevo León, cargo que desempeñaba desde el 4 de octubre de 1997. En los días siguientes fue confirmado como Secretario de Economía.

El Lic. Vicente Fox Quezada precisó que se inclinó por el Dr. Ernesto Derbez para el desempeño del cargo por su destacada carrera en diversos organismos internacionales y su reconocida trayectoria en la promoción de la inversión y las actividades comerciales.

Asimismo, aseguró que para sustituir al Dr. Ernesto Derbez en la Secretaría de Economía invitó al gobernador de Nuevo León, Lic. Fernando Canales Clariond, debido a su labor al frente del Ejecutivo neoleonés y a su importante trayectoria en el ámbito administrativo y empresarial.

Originario de Monterrey, es Licenciado en Derecho por la Escuela Libre de Derecho, y Maestro en Administración de Empresas por el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. Fue profesor de Derecho en la Universidad Autónoma de Nuevo León, Presidente de las Cámaras de Comercio de Nuevo León y Vicepresidente de la Confederación de Cámaras Nacionales de Comercio, así como consejero de varias importantes empresas.

La comunidad del CENAM les desea a ambos mucho éxito en el desempeño de sus nuevos cargos.



## Seminario Sectorial Agrícola 2002

El día 16 de octubre de 2002 en la Ciudad de Torreón Coahuila se llevó a cabo el Seminario Sectorial Agrícola 2002 dentro del 4º. Simposio de Control de Calidad en Análisis de Suelo y Planta y Seminario Sectorial Agrícola. Dicho simposio formó parte del Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo organizado por la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.

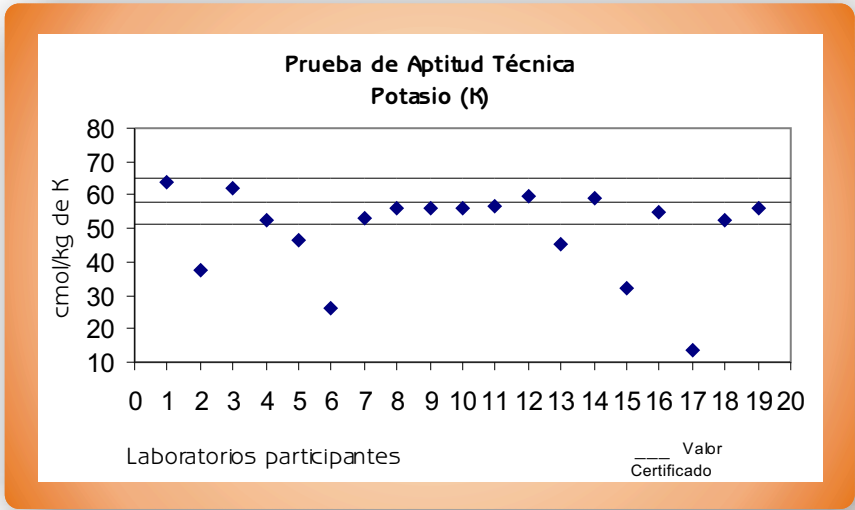
La organización del evento estuvo a cargo de la Dra. Claudia Hidalgo Moreno del Colegio de Posgraduados en la parte de Control de Calidad en Análisis de Suelo y Planta, mientras que la Q.M. Rocío Arvizu Torres tuvo a su cargo la organización del Seminario Sectorial Agrícola. Uno de los principales objetivos del seminario sectorial agrícola fue la identificación de las necesidades de materiales de referencia en el país dentro del sector.

Aunque durante el desarrollo del seminario todas las ponencias mantuvieron el interés de los participantes, sin dudas destaca la presentación del CENAM del programa para promover el desarrollo de materiales de Referencia Trazables Certificados (MRTC), donde el Centro

de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) representado por el Geólogo Marino Ernesto Díaz Rivera, externó su inquietud por ingresar al programa informando que CIBNOR cuenta con suficiente infraestructura para realizar MRTC's.

Otro de los puntos importantes que cubrió el seminario fue la presentación de los avances de las pruebas de aptitud técnica (PT) organizadas por el Colegio de Posgraduados, el cual ha constituido una red de laboratorios confiables en mediciones para el sector agrícola. En los últimos dos ejercicios de pruebas de aptitud técnica, el CENAM ha proporcionado materiales de referencia certificados de soluciones espectrométricas y tejido vegetal, hojas de maíz. En estas pruebas han participado 19 laboratorios del país dedicados a mediciones químicas de nutrientes para efectos de fertilidad realizando mediciones de Potasio, Calcio y Zinc en hojas de maíz.

Al quedar establecido el foro de discusión con personal de la industria, de las instituciones educativas y de los laboratorios de servicio, se aportaron



observaciones durante el análisis de resultados de la prueba de aptitud técnica.

El intercambio de comentarios acerca de las metodologías de digestión, medición y las posibles fuentes que generaron una tendencia sistemática (como se puede observar en la gráfica de Potasio), donde la mayoría de los laboratorios no corrigieron sus resultados por humedad; para el caso del Calcio se planteó una posible contaminación ambiental; y para todos los analitos se observaron algunos casos de deficiencias en la completa digestión del material, entre otras posibles fuentes de error.

Finalmente, se despertó la inquietud de realizar programas de capacitación con la finalidad de mejorar la capacidad de medición de los laboratorios. Ante esta necesidad, el laboratorio de Geología de la UNAM propuso impartir cursos de validación de métodos, mientras que por parte del CENAM se propuso un curso de Trazabilidad e Incertidumbre dentro del seminario sectorial agrícola programado para el año 2003.

IQ María Elena García  
Q.M. Rocío Arvizu Torres

## APEC México 2002

Los días del 21 al 27 de octubre del 2002 se llevó a cabo en Los Cabos, B.C.S, el evento APEC (Asia Pacific Economic Cooperation) 2002, el cual reunió a 21 economías de la Región Asia Pacífico.

Los líderes de los 21 países participantes tomaron este foro para promover acciones inmediatas en contra del terrorismo que actualmente afecta a la Región, principalmente con los eventos de Bali, Moscú y desde luego Estados Unidos.

Sin embargo los temas cruciales durante esta cumbre fueron los comerciales y económicos. Se habló acerca de la diversificación de mercados para la Región, así como los acuerdos comerciales que son ya indispensables para fomentar el intercambio comercial y de inversión entre las economías que forman parte de APEC.

Paralelamente se llevaron a cabo las reuniones de CEO Summit, que tuvieron

como tema principal "Retos para el desarrollo en la era de la incertidumbre". En estas reuniones participaron destacados empresarios y ministros, entre los que sobresale la presencia de William Clay Ford (CEO Ford Motor Company), Colin Powell (Secretario de Estado de los EU), Lorenzo Zambrano (Chairman & CEO de CEMEX), Emilio Azcárraga (Chairman & CEO Televisa), entre muchos otros que tuvieron sesiones de trabajo en las que se tocaron temas como Pobreza y Globalización, Condiciones actuales de America Latina, Seguridad en la Región Asia Pacífico, Salud y Desarrollo Económico como temas relevantes.

El CENAM participó en este evento con 5 personas como Liaison Officers (Oficiales de Enlace), los cuales estuvieron en contacto directo con los ministros y líderes económicos para facilitar la comunicación entre las delegaciones y el Comité Organizador de APEC.



**Reunión ministerial.** 42 ministros de los 21 países miembros de APEC

# Comentarios A La Definición Del Segundo Con Tres Ecuaciones

J. Mauricio López R.

Jefe de la División de Tiempo y Frecuencia

La definición en vigor de la unidad de tiempo, el segundo, según el Sistema Internacional de unidades, es:

*Un segundo es la duración de 9 192 631 770 periodos de la radiación asociada a la transición hiperfina del estado base del átomo de Cesio 133.*

13ª Conferencia General de Pesas y medidas, 1967.

La adopción de esta definición en 1967 por los países signatarios de la Convención del Metro rompió con una larga historia de medición de tiempo en términos astronómicos. De esta manera, la responsabilidad de la reproducción del segundo y de la generación de escalas de tiempo recaía en laboratorios de espectroscopía atómica mantenidos dentro los laboratorios primarios de Metrología. En 1972 se definen las escalas de Tiempo Atómico Internacional y Tiempo Universal Coordinado, ambas escalas representan productos metrológicos de alto impacto en la sociedad. [1]

La definición del segundo está enmarcada dentro de la teoría más

exitosa de la física, la Mecánica Cuántica. Según esta teoría los objetos son simultáneamente dos cosas distintas, ondas y partículas. El comportamiento corpuscular de los objetos en la mecánica cuántica se describe de manera apropiada en términos de energía ( $E$ ), mientras que el comportamiento ondulatorio por medio de la frecuencia ( $\nu$ ). La energía y la frecuencia asociadas a estos dos comportamientos están ligadas por medio de una de las ecuaciones más importantes de la Mecánica Cuántica; la ecuación de Planck, a saber:

$$E = h\nu \quad (1)$$

donde  $h$  es una constante llamada *constante de Planck*. Por otra parte, la frecuencia se relaciona con el tiempo por medio de su inverso  $1/T$ . De esta manera, el tiempo y la energía están estrechamente relacionados por medio de una constante (la constante de Planck). En cierto sentido, energía y tiempo son la misma cosa (salvo una constante).

El modelo atómico de Bohr (también llamado el modelo del sistema

planetario) es un modelo semi-cuántico y por lo tanto no adopta completamente las propiedades de la Mecánica Cuántica, sin embargo es útil para los propósitos de esta nota. En este modelo el átomo se entiende como formado por un núcleo con carga eléctrica positiva (que por cierto concentra la mayor parte de la masa de átomo) y electrones (partículas muy ligeras de carga eléctrica negativa) que giran alrededor del núcleo. En este modelo se postula que los electrones solamente pueden ocupar ciertas orbitas las cuales tienen asociada energía bien definida. Por la conservación de la energía, para que un electrón pase de una orbita de menor energía a una de mayor energía es necesario cederle al sistema (al átomo) la cantidad suficiente de energía. Me detengo aquí para hacer un comentario. La expresión anterior "cantidad suficiente de energía" quiere decir que si la cantidad de energía que se le suministra al átomo es menor que la requerida para la transición, ésta no se da. De manera similar, si la cantidad de energía suministrada al átomo supera la

cantidad de energía necesaria la transición no ocurre tampoco. En otras palabras, el sistema (el átomo) funciona como un discriminador de energías, es de alguna manera, permítaseme la expresión, un patrón para la medición de energía. La cantidad suficiente de energía para que el átomo realice una transición puede ser suministrada en forma de radiación electromagnética. Un tratamiento cuántico a la radiación electromagnética conduce a la consideración de su comportamiento corpuscular. La partícula asociada a la luz se le llama fotón y sus cantidades asociadas con leyes de conservación son: carga eléctrica nula, momento angular  $l=1$ , momento lineal  $\mathbf{p} = \hbar\mathbf{k}$  ( $\mathbf{k}$  es el vector de onda de su comportamiento ondulatorio), energía  $E = \hbar\omega$ . Hay que hacer notar que en un modelo completamente cuántico del átomo (descrito por la ecuación de Schrödinger) se tiene que el átomo es tolerante a una muy pequeña dispersión de energías para hacer la transición, esta dispersión de energías  $E$  obedece al así llamado principio de incertidumbre de Heisenberg, el cual

matemáticamente se puede escribir como:

$$E \approx \frac{\hbar}{2t} \quad (2)$$

Donde  $t$  es el tiempo de vida del estado excitado y  $\hbar$  es la constante de Planck dividida por 2. Esta relación de incertidumbre es muy interesante (que no viene de la metrología sino de la misma naturaleza) y de suma importancia en la reproducción experimental de la definición del segundo. Nótese que en el límite  $t \rightarrow \infty$  la dispersión en energía tiende a cero, esto es  $E \rightarrow 0$ . Aquí es necesario hacer algunas anotaciones. Es bien sabido que los sistemas tienden a estar en su estado de mínima energía (o estado base), de manera que un estado excitado tiene tiempos de vida finitos, que dependiendo del estado y del sistema los tiempos de vida pueden ser tan efímeros como 2 nanosegundos o tan duraderos como 32 mil años como es el caso el nivel hipérfino alto del estado base del átomo de Cesio-133. De manera que experimentalmente la dispersión de energías en la ecuación (2) está limitada por el menor de los siguientes tiempos: el tiempo de vida del estado excitado o el tiempo de interacción con el átomo. Para el caso de la definición del segundo, la limitante es el tiempo de interacción con el átomo (tiempo durante el cual el

metrologo inspecciona un átomo de Cesio-133 para reproducir el segundo). Con el objeto de minimizar las incertidumbres en la medición de la energía para reproducir el segundo pueden seguirse dos caminos. El que históricamente se dio primero el de hacer relojes atómicos grandes, el otro es enfriar a los átomos de Cesio. Este último caso es mucho mas complejo tanto desde el punto de vista teórico como experimental. Pero la idea importante es muy sencilla, hacer que los átomos se muevan lentamente con el objeto de que el metrologo disponga de mayor tiempo (aproximadamente un segundo) para inspeccionar a un átomo de Cesio y de esta manera reducir la incertidumbre en la medición de la energía, y por lo tanto reducir también la incertidumbre en la reproducción del segundo. Quizá el lector se pregunte qué tiene que ver la temperatura con el tiempo de interacción con el átomo. Recuérdese que la temperatura es una manifestación macroscópica de la energía de agitación (energía cinética) de las partículas que componen un material. La ecuación de Boltzman relaciona justamente la energía cinética  $E$  promedio de cada partícula (concepto microscópico) y la temperatura  $T$  (concepto macroscópico) a través de una constante  $k$  (constante de Boltzman),

a saber, por cada grado de libertad espacial se tiene:

$$E = \frac{1}{2}kT \quad (3)$$

En un gas a temperatura ambiente, por ejemplo, las moléculas se mueven a velocidades del orden de varios cientos de metros por segundo (la velocidad del sonido en ese material, a esa temperatura, a esa presión). Pero a temperaturas tan bajas como 3 millonésima de Kelvin sobre el cero absoluto los átomos de cesio se mueven a velocidades de varios centímetros por segundo (de hecho esa es la velocidad del sonido en un gas a tan bajas temperaturas), es decir están casi en reposo. De esta manera es posible diseñar experimentos con el objeto de interactuar con átomos fríos (se usa también la expresión átomos congelados) en la condición de mínima interacción con su entorno. Esta técnica es actualmente desarrollada en el CENAM con el objeto de obtener capacidad de medición de tiempo en el país al nivel de partes en  $10^{15}$  y ser independientes (al nivel de partes en  $10^{15}$ ) del exterior en esta estratégica unidad.

La definición de la unidad de tiempo del SI es una definición que considera situaciones experimentales ideales (un átomo de Cesio-133 libre de interacciones con el resto el universo y

con un tiempo de observación infinito que no causa perturbaciones). En el laboratorio estas condiciones ideales no existen, lo que existe son muchos átomos de Cesio interactuando con sus entornos (con campos eléctricos, campos magnéticos, gravedad, colisiones, etc) que pueden ser observados por tiempos finitos. Por estas razones, los experimentos para reproducir del segundo deben ser diseñados de manera que las condiciones de reproducción se aproximen lo más posible a las condiciones ideales de la definición y después hacer correcciones por efectos sistemáticos inducidos por esas interacciones remanentes. Los experimentos con átomos fríos han "rejuvenecido" a la actual definición del segundo. Por lo pronto es necesario afinar las técnicas de reproducción de ésta unidad con el uso de las fuentes atómicas de Cesio e incorporar mas de ellas a los laboratorios primarios de metrología el segundo. Después es quizá tiempo de migrar a otra definición en términos de transiciones ópticas. Está idea está empezando a surcar por las mentes de los metrólogos del tiempo. [2]

[1] H. Montague Smith, "International Time and Frequency Coordination", **Proc. Of the IEEE**, Vol. 60, No. 5, Mayo de 1972.

[2] Patrick Gill, **Nature** Vol 407, 5 de octubre del 2000, pp. 579-580.

## Gran éxito del seminario internacional sobre máquinas de medición por coordenadas y presentación del club mexicano de usuarios de máquinas de medición por coordenadas

El pasado 20 de enero se llevó a cabo el primer Seminario Internacional sobre Máquinas de Medición por Coordenadas (MMC) en el auditorio "Victor Bravo Ahuja" de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería, Ciencias Sociales y

Administrativas (UPIICSA) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) situado al oriente de la Ciudad de México.

El evento fue organizado por el CENAM en colaboración con el IPN y el Instituto Mexicano de

Normalización y Certificación (IMNC). El CENAM tuvo oportunidad de atraer al evento a connotados especialistas en el área de MMC de los laboratorios nacionales de metrología más renombrados. Participaron el Dr. S. Phillips del *National Institute of*

*Standards and Technology* (NIST) de los Estados Unidos de América; el Dr. T. Takatsuji del *National Metrology Institute of Japan* (NMIJ) de Japón; el Dr. E. Trapet del *Physikalisch-Technische Bundesanstalt* (PTB) de Alemania; el Dr. K. Doytchinov del

*National Research Council* (NRC) de Canadá; y el Dr. Alessandro Balsamo del *Istituto di Metrologia Gustavo Colonnetti* (MGC) de Italia.

Asimismo, se aprovechó el evento para

hacer el lanzamiento del Club Mexicano de Usuarios de MMC (CMU-MMC) a iniciativa del CENAM. La idea es formar una asociación para el intercambio de conocimientos técnicos en esta área de complejidad conocida y, de esta manera, difundir



los conocimientos y las buenas prácticas de medición con las MMC. Se espera elevar el nivel metrológico de los operarios, supervisores, gerentes de calidad y de las empresas mexicanas en un sentido más amplio.

El Club contará con un sitio web con información general, una base de datos de los miembros, publicaciones técnicas de interés y un foro de preguntas y respuestas. Asimismo, se organizarán nuevos seminarios con conferencias de especialistas como este mismo evento; al menos una

reunión anual para discutir problemas prácticos de medición que los mismos industriales planteen; emprender la tarea de la normalización en este ámbito; y, eventualmente, establecer los lineamientos para la certificación profesional de los operadores de MMC.

El interés que despertó el evento rebasó todas las expectativas pues se contó con la asistencia de más de 250 personas procedentes de laboratorios de calibración; representantes de la industria automotriz y de auto partes; representantes de instrumentos de medición y MMC; miembros de enca

institutos de investigación y del sector académico; representantes de centros de asistencia técnica; y estudiantes y público en general. Al final del evento se organizó un foro de discusión con un panel formado por los conferencistas invitados y los especialistas del CENAM. El público participó activamente haciendo preguntas sumamente interesantes. También, los conferencistas invitados quedaron gratamente sorprendidos por el nivel del público y la multitudinaria asistencia.



Saludamos el nacimiento del CMU-MMC que indudablemente redundará en la elevación del nivel de los técnicos mexicanos contribuyendo así al mejoramiento de la competitividad del país. Esperamos, asimismo, que los eventos futuros que se organicen sean de tan buena calidad como este.

# Asesorías al Laboratorio Nacional de Colombia SIC en Fuerza y Par Torsional y a los laboratorios custodios de patrones nacionales LCPN de Chile en Fuerza y Presión

El PTB de Alemania solicitó el apoyo del CENAM para brindar asesorías a los laboratorios custodios de patrones nacionales de Chile en las magnitudes de fuerza y presión y al mismo tiempo asesorar al Laboratorio Nacional de Colombia en las magnitudes de fuerza y par torsional. Estos trabajos fueron realizados a solicitud del PTB, quien dentro del convenio con CENAM solventó gastos y compensó al CENAM por el apoyo.

El Ing. Daniel Ramírez de la División de Metrología de Fuerza y Presión, asesoró a los laboratorios de fuerza y par torsional de la Superintendencia de Industria y Comercio, SIC, de Colombia. El campo principal de apoyo fue orientado a hacer más eficiente

el uso de recursos y aumentar la confiabilidad de los servicios. Durante su estancia en Colombia se realizó una comparación de fuerza en el alcance de medición de 10 kN.

Del 24 de junio al 3 de julio correspondió al Dr. Jorge Torres asesorar a los laboratorios Chilenos responsables de los patrones nacionales de presión a cargo de la Empresa Nacional de Aeronáutica, ENAER, y de fuerza a cargo del Instituto de Investigaciones y Control, IDIC. Aprovechando su estancia recibió la solicitud nuevamente del PTB para impartir un curso taller sobre comparaciones entre laboratorios de metrología, dirigido a los laboratorios nacionales de Chile.



---

## Editores

Ismael Castelazo Sinencio

José Luis Rosas Priego

Diseño Gráfico Ana Laura Ramírez Yrizar

---