



**Libro Blanco:**

**Construcción y equipamiento de Laboratorios Especiales, Segunda Etapa (Módulos D y E), relacionado con la continuidad de la obra pública para laboratorios de metrología química y nanometrología**

Octubre 2018

## Índice

<b>1. Presentación .....</b>	<b>3</b>
1.1. Nombre del proyecto .....	3
1.2. Principales componentes del proyecto .....	3
1.3. Período de vigencia que se documenta .....	3
1.4. Ubicación geográfica .....	4
1.5. Principales características técnicas.....	4
1.6. Unidades administrativas participantes .....	5
1.7. Nombre y firma del titular de la entidad y del responsable de la elaboración y resguardo del libro blanco .....	6
<b>2. Fundamento legal y objetivo del Libro Blanco .....</b>	<b>7</b>
2.1 Fundamento legal.....	7
2.2. Objetivo .....	7
<b>3. Antecedentes .....</b>	<b>8</b>
3.1. Análisis de la oferta existente.....	11
3.2. Análisis de la demanda actual.....	13
3.3. Interacción de la oferta-demanda.....	16
<b>4. Marco normativo del proyecto.....</b>	<b>18</b>
4.1. Leyes.....	18
4.2. Reglamentos: .....	18
4.3. Manuales, Lineamientos y documentos relacionados con el CENAM:.....	18
<b>5. Vinculación del proyecto con el Plan Nacional de Desarrollo 2012-2018, con el Programa de Desarrollo Innovador y con el Programa Institucional del CENAM 2013-2018 .....</b>	<b>20</b>
5.1. Alineación con las metas y objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018:...	20
5.2. Alineación con las metas y objetivos del Programa de Desarrollo Innovador (SE): ..	20
<b>6. Síntesis ejecutiva del proyecto .....</b>	<b>21</b>
<b>7. Acciones realizadas .....</b>	<b>22</b>
7.1. Aspectos presupuestales .....	22
7.2. Recursos financieros y presupuestales aplicados.....	24
7.3. Integración de Expedientes y Documentación Soporte de la Aplicación de los Recursos .....	25
<b>9. Resultados y beneficios alcanzados e impactos identificados.....</b>	<b>27</b>
<b>10. Resumen ejecutivo del informe final del servidor público responsable de la ejecución del proyecto .....</b>	<b>28</b>
<b>11. Anexos.....</b>	<b>29</b>
11.1 Descripción y ubicación de los laboratorios con el equipo analítico considerado en los Módulos D y E. ....	29

## 1. Presentación

### 1.1. Nombre del proyecto

Construcción y Equipamiento de Laboratorios Especiales, Segunda Etapa (Módulos D y E), relacionado con la continuidad de la obra pública para laboratorios de metrología química y nanometrología.

### 1.2. Principales componentes del proyecto

- a) Terminación de la construcción de los laboratorios especiales, módulos D y E que se tenía planeado realizar con el fin de tener una ampliación de las capacidades de medición dirigidas directamente a la certificación de materiales de referencia de matriz natural, metales de alta pureza, mediciones de relación isotópica para la determinación de autenticidad, de compuestos orgánicos de alta pureza, de microbiología (virus, bacterias) y de la escala nanométrica, y que por insuficiencia presupuestal no se lograron concretar.
- b) Adquisición de los patrones y los sistemas de medición necesarios que permitan certificar los Materiales de Referencia, en adelante MR, para dar trazabilidad de las mediciones antes señaladas. La trazabilidad metrológica es la propiedad de un resultado de medida por la cual el resultado puede relacionarse a una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida (VIM, 2009). Por este motivo, todos los sistemas de medición deben ser capaces de dar resultados con la mínima incertidumbre, para asegurar la capacidad técnica al más alto nivel en materia metrológica y que sean comparables a nivel internacional. La uniformidad de las mediciones solo puede lograrse cuando éstas se realizan con trazabilidad a una referencia común. En México estas referencias son los patrones nacionales que mantiene el Centro Nacional de Metrología y que hace llegar a todos los usuarios, en su modalidad más eficiente, por medio de una red de laboratorios secundarios que calibran sus propios patrones en el CENAM o que utilizan los materiales de referencia certificados que el CENAM les provee y que ofrecen servicios comerciales de calibración o de medición de servicios analíticos, que mantienen la infraestructura de mediciones en las grandes empresas.

### 1.3. Período de vigencia que se documenta

Conforme al registro original del proyecto y los alcances actuales registrados en la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), en el presente Libro Blanco se documentan las acciones realizadas durante el periodo de enero de 2013 a mayo del 2018 con respecto a la Segunda Etapa, módulos D y E del proyecto de Construcción y Equipamiento de Laboratorios Especiales, relacionados con la continuidad de la obra pública para laboratorios de metrología química, biología molecular (microbiología) y de nanometrología.

Cabe señalar, que en octubre del ejercicio 2012, como parte del proceso del Informe de Rendición de Cuentas 2006-2012, se documentó el Libro Blanco: Proyecto del Edificio de Laboratorios Especiales,

en el cual se señalaron las acciones realizadas en la primera etapa del proyecto, correspondiente a los Módulos A, B y C, los cuales se concluyeron e iniciaron su operación en dicho ejercicio.

Ante la falta de recursos para la ejecución y terminación del proyecto correspondiente a los Módulos D y E, se documentan en este libro blanco los trabajos realizados para la definición final de las acciones por realizar, con el fin de que se les pueda dar seguimiento en la próxima administración, considerando la importancia y trascendencia del proyecto.

#### 1.4. Ubicación geográfica

El proyecto se encuentra en desarrollo a la entrada de las instalaciones del Centro Nacional de Metrología, ubicadas en el km 4.5 de la Carretera a Los Cués, municipio de El Marqués, en el Estado de Querétaro, México.

#### 1.5. Principales características técnicas

El presente proyecto contempla la construcción de un nuevo edificio y del equipamiento de los laboratorios de la Dirección General de Metrología de Materiales, que cubre:

- Ampliación de las capacidades de producción de candidatos a materiales de referencia en: pureza orgánica, pureza inorgánica y matriz natural.
- Creación de las nuevas capacidades de medición en las áreas de: proteómica, biología molecular (microbiología) y nanotecnología (nanometrología).



Para dar respuesta a la interacción de la demanda contra la oferta, el CENAM despliega en la Dirección General de Metrología de Materiales, la estrategia de construcción del nuevo Edificio de Metrología de Materiales para ampliar las capacidades y desarrollar las nuevas tecnologías.



**Libro Blanco:** Construcción y equipamiento de Laboratorios Especiales, Segunda Etapa (Módulos D y E), relacionado con la continuidad de la obra pública para laboratorios de metrología química y nanometrología

GRUPO	OBJETIVO
Pureza en química inorgánica y determinación de autenticidad	Establecer la trazabilidad en las mediciones en química analítica inorgánica del país, mediante la aplicación de metrología primaria en la certificación de MR de metales de alta pureza y de relación isotópica para la determinación de autenticidad.
Pureza orgánica y proteómica por espectrometría	Establecer la infraestructura para la medición y aplicación de los conceptos de trazabilidad metrológica, incertidumbre de las medidas y validación de métodos en general y específica para las mediciones químicas orgánicas, en diferentes matrices, con el desarrollo de los MR para estas mediciones.
Materiales de referencia (MR) de matriz natural	Establecer la infraestructura requerida para aumentar la disponibilidad a nivel nacional de los MR de matriz natural para los diversos sectores identificados como prioritarios en el país, que son fundamentales para el fortalecimiento del sistema nacional de metrología, normalización y evaluación de la conformidad, así como para evaluar la competencia técnica de los laboratorios a través de la organización de ensayos de aptitud.
Metrología en biología molecular (microbiología)	Establecer la infraestructura metrológica necesaria en el área de microbiología (virus, bacterias y hongos) en salud humana, animal y vegetal, que permita la realización de mediciones confiables que faciliten la trazabilidad al Sistema Internacional (SI) o a unidades acordadas internacionalmente, a través del establecimiento de métodos de referencia y patrones de medición reconocidos a nivel internacional que garanticen la confiabilidad y la comparabilidad internacional de las mediciones biotecnológicas claves.
Metrología para nanotecnología (nanometrología)	Puesta en marcha de un sistema de mediciones confiables y uniforme para la caracterización, medición y certificación de materiales de referencia a escala nanométrica, con bases metrológicas, que permitan la obtención del reconocimiento internacional.

Para este proyecto se tenía considerado el levantamiento de edificaciones con el correspondiente equipo e instrumental de laboratorio, maquinaria, mobiliario de administración y otros, para la infraestructura de los laboratorios y obras menores. Asimismo, se incluía en el proyecto, la maquinaria y/o equipos del sistema de control de las condiciones ambientales de laboratorio, el sistema de alimentación eléctrica, las plantas de emergencia, el sistema de red estructurada, los sistemas de seguridad contra incendio y/o explosión, el sistema de tratamiento de agua, así como la urbanización del conjunto, tal como un estacionamiento y áreas verdes. El costo total del proyecto, a precios de diciembre de 2014, ascendía a \$568 648 812.57 millones de pesos y abarcaba un calendario de inversiones del año 2015 al 2018.

#### 1.6. Unidades administrativas participantes

La planeación y ejecución del proyecto involucra a las Direcciones Generales de las áreas de Metrología de Materiales y de Administración y Finanzas.



**Libro Blanco:** Construcción y equipamiento de Laboratorios Especiales, Segunda Etapa (Módulos D y E), relacionado con la continuidad de la obra pública para laboratorios de metrología química y nanometrología

La Dirección General de Metrología de Materiales, como usuaria final de los espacios a construir y equipar, participó directamente en la delimitación de los alcances del proyecto, vigilando en todo momento, la correcta planeación de los trabajos, conforme a lo previsto y a los alcances esperados lograr.

El Área de Administración y Finanzas sería la responsable de la planeación de los alcances del proyecto, en coordinación con el área de metrología de materiales; el registro ante la Unidad de Inversiones de la SHCP y la negociación de los recursos presupuestarios requeridos; la contratación y supervisión de los trabajos de obra; y de su entrega al área de Metrología de Materiales, como el usuario final de los laboratorios.

1.7. Nombre y firma del titular de la entidad y del responsable de la elaboración y resguardo del libro blanco



Dr. Víctor José Lizardi Nieto  
Director General del  
Centro Nacional de Metrología



M. en C. César de Jesús Cajica Gómez  
Director General de Administración y Finanzas  
del Centro Nacional de Metrología

## 2. Fundamento legal y objetivo del Libro Blanco

### 2.1 Fundamento legal

Acuerdo por el que se establecen las bases generales para la rendición de cuentas de la Administración Pública Federal y para realizar la entrega-recepción de los asuntos a cargo de los servidores públicos y de los recursos que tengan asignados al momento de separarse de su empleo, cargo o comisión, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 6 de julio de 2017.

Acuerdo por el que se establecen los Lineamientos Generales para la regulación de los procesos de entrega-recepción y de rendición de cuentas de la Administración Pública Federal, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de julio de 2017, que en su título III establece las disposiciones a seguir en la elaboración de Libros Blancos y Memorias Documentales.

Acuerdo No. 9/103ª/2018, de la 103ª Sesión Ordinaria del Consejo Directivo del Centro Nacional de Metrología, mediante el cual se aprobó el Libro Blanco que con motivo del Informe de Rendición de Cuentas 2012-2018 se elaborara el identificado con el nombre “Construcción y Equipamiento de Laboratorios Especiales, Segunda Etapa (Módulos D y E), relacionado con la continuidad de la obra pública para laboratorios de metrología química y nanometrología”.

### 2.2. Objetivo

Informar el avance que se tiene en la construcción y equipamiento del Edificio de Laboratorios Especiales, Segunda Etapa (Módulos D y E), relacionado con la continuidad de la obra pública para laboratorios de metrología química, biología molecular (microbiología) y nanometrología, incluyendo el señalamiento de las actividades que están pendientes de ejecutar, al cierre de la presente administración, enfatizando el impacto que se espera tener en la atención de las necesidades metrológicas del país, como resultado de su puesta en operación.

### 3. Antecedentes

Para el desarrollo del proyecto se identificaron dos áreas de inversión: La construcción del nuevo edificio y el equipamiento de los laboratorios para la Dirección General de Metrología de Materiales para la creación de la infraestructura de metrología que permita ampliar su cobertura en el mercado de los MR, a través de la ampliación de las capacidades de producción de los materiales de referencia de las áreas de pureza orgánica, inorgánica y de MR de matriz natural. Adicionalmente, la creación de las nuevas capacidades de medición en las áreas de proteómica, biología molecular (microbiología) y nanotecnología (nanometrología).

En el CENAM, la Dirección General de Metrología de Materiales es la responsable de elaborar los protocolos de generación de los lotes de Materiales de Referencia Certificados, en adelante MRC, la aplicación de investigación y desarrollo tecnológico en metrología en química para los sectores de salud, alimentación, agroindustria, centros de investigación, química orgánica e inorgánica, en las áreas de pureza orgánica, inorgánica y MRC de matriz natural. Estos materiales de referencia son utilizados para realizar las calibraciones analíticas o para el control de calidad de las mediciones que realizan los diferentes laboratorios de ensayo, unidades de verificación y centros de investigación que se encuentran por todo el país. Con esta acción se proporciona la trazabilidad a nivel nacional de las mediciones metrológicas en todos estos sectores, asegurando su confiabilidad y diseminación.

Con la participación del personal de la Dirección General de Metrología de Materiales, se realizó en el año 2000 el análisis detallado de las normas existentes en el país, y se identificaron 197 normas obligatorias (NOM) y 789 normas mexicanas (NMX), relacionadas con los sectores de: alimentos, bebidas, cristalería, equipo médico y paramédico, hule y plástico, joyería, juguetes, artículos deportivos, metálica básica, minerales no metálicos, papel, petroquímica, química, siderurgia, vidrio, otras manufacturas, servicios, protección del medio ambiente general y laboral, que requieren para su aplicación el uso de materiales de referencia certificados, específicamente 967 distintos materiales. En el año 2010 se volvió a realizar el análisis con un resultado de 997 materiales.

En el país existe un sistema de metrología nacional, el cual está diseñado para dar trazabilidad a las mediciones de toda naturaleza. Dentro de ese esquema, el CENAM proporciona la trazabilidad primaria del sistema metrológico nacional hacia el primer nivel, las unidades del Sistema Internacional; de acuerdo con la información de la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) en el 2017, el segundo nivel está integrado por: laboratorios de ensayo, laboratorios de calibración, unidades de verificación y organismos de certificación, con un total de 5406, de los cuales 1671 son laboratorios de ensayo y 755 de calibración. La Dirección de Metrología de Materiales debe atender a aproximadamente el 30 % del sistema formal de metrología nacional.

A nivel nacional también se requiere consolidar la metrología en química en otras áreas que emplean tecnologías de nueva generación, como la proteómica, la biología molecular (microbiología) y la nanotecnología, para dar trazabilidad a la industria mexicana y a los centros de investigación que las utilizan, mediante el uso de MRC en las normas nacionales e internacionales que son una clave para abrir nuevos mercados y para facilitar el comercio y ayudar a mejorar la competitividad de México.

Con base en las estadísticas de los clientes del CENAM que solicitaron MRC, que no estaban en existencia en el momento que lo requirieron, durante el periodo del 2013 al 2017, son los siguientes:

Los que tienen antecedentes de certificación:

1. 4 niveles de pH primarios de 4, 6.86, 9.18 y 10 (400 a 500 unidades cada uno);
2. Conductividad electrolítica de 148  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 1400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 12000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (200 a 300 unidades cada uno);
3. Disoluciones espectrométricas individuales de 1000 mg/kg de Hg, Ni, Cr, Fe, Cd, Al, Na, Ca, Cu y As (200 a 300 unidades cada uno);
4. Pureza de: ácido glutámico y glucosa (100 a 200 unidades cada uno);
5. Sólidos suspendidos totales (de 200 unidades).

Los solicitados y que no habían sido desarrollados por el CENAM:

6. Microorganismos variables para control de calidad en microbiología (*Escherichiae coli*, *Klebsiella pneumoniae* y *Pseudomonas aeruginosa*); 150 a 200 unidades cada uno;
7. Disoluciones amortiguadoras de pH 4, 7, 10; sales de pH 7.0; 100 unidades cada uno;
8. Sales certificadas en pureza: carbonato de sodio; dicromato de potasio; fluoruro de sodio; 100 unidades cada uno;
9. Disoluciones espectrométricas de Si de 1000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , Va (de 1000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  y 5000 mg/kg); Al y Ni de 5000 mg/kg; 100 unidades cada uno;
10. Disoluciones elementales de Sb, As, Be, Cd, Ca, Cr, Co, Cu, Fe, Pb, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Se, Sr, Tl, Ti, V, Zn de 100  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 50 unidades cada uno;
11. Mezclas para método ASTM D4815: 1. Di iso propil eter 10 % volumen, 2. metil ciclopentano 10 % volumen, 3. metil terbutil eter 10% volumen, 4. etil terbutil eter 10 % volumen, 5).- n-hexano 60 % volumen; grasas y aceites, 75 unidades;
12. Mezcla de calibración método ASTM D5186, composición: 1).-N-hexadecano 75 % peso, 2).-naftaleno 2 % peso, 3).- 1,2,3,4 tetrahidronaftaleno 3 % peso, 4).-Tolueno 20 % peso; 50 unidades;
13. Azufre en diésel de 0 a 100  $\mu\text{g}/\text{g}$  en peso; Azufre en diésel de 0; 100; 200; 300; 400; 500; 750; 1000; 1500; ppm para ASTM D4294 y D2622; 50 unidades cada uno;
14. Ácido nítrico; ácido sulfúrico; ácido clorhídrico;
15. Sulfonato de alquilo lineal (LAS) de grado ultra puro con pureza del 99.95 %, 50 unidades.

Para dar respuesta a los clientes que los solicitaron, en este 2018, solo se programó la certificación de los siguientes MRC:

1. pH primarios de 6.86 y 9.18;
2. Disolución espectrométrica de Hg,
3. Sólidos suspendidos totales,
4. Conductividad electrolítica de 1400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 12800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ,
5. Azufre en diésel
6. Ácido glutámico

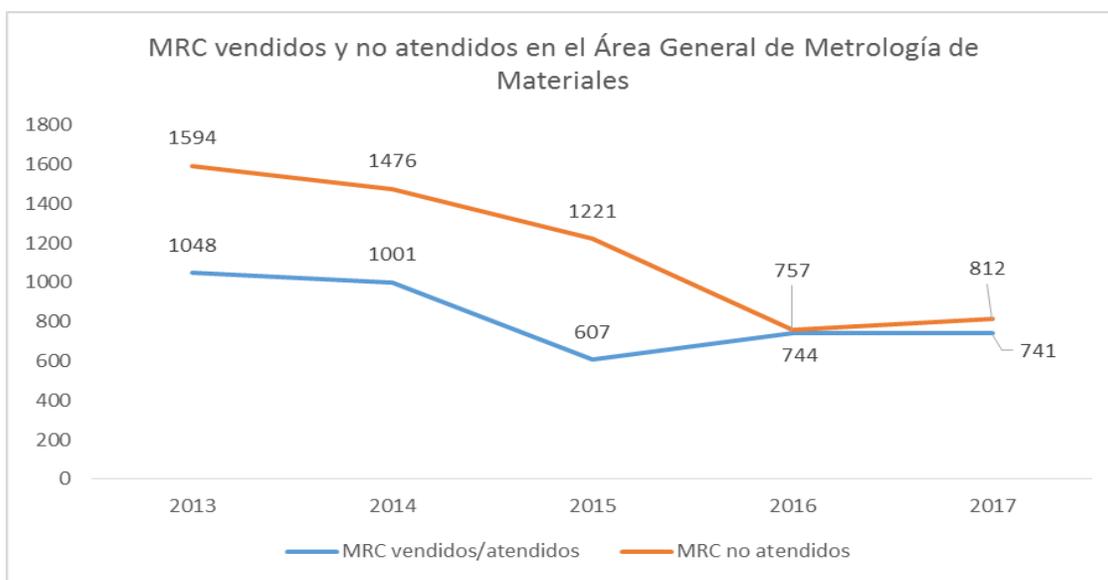


Figura 1.- MRC atendidos y no atendidos que solicitan los clientes y que no estuvieron disponibles.

Como se puede apreciar en la figura 1, las ventas de los MRC han venido disminuyendo año con año. Esto se debe entre otras cosas, a lo siguiente:

A. Falta de atención oportuna por parte del CENAM.

La amplia diversidad de necesidades de MRC por parte de los clientes es cada día mayor, sin embargo éstos no adquieren los MRC del CENAM. Es sabido por varias encuestas que se han llevado a cabo, que los clientes que sí necesitan los MRC, los adquieren de otras marcas, que no necesariamente presentan trazabilidad a patrones extranjeros (a un laboratorio primario o a un laboratorio productor de MRC con trazabilidad). Las principales marcas de MR a nivel internacional y que los clientes manifestaron en una encuesta elaborado en el 2008, que utilizan son las siguientes: High Purity, Chem service, Merck Baker Grado Primario, RICCA, Perkin Elmer, Sigma-Aldrich, Spex, JT Baker y Ultra Scientific y otros Institutos Nacionales de Metrología tales como el National Institute of Standards and Technology, ya que estos proveedores elaboran los MRC con los análisis completos que requieren los laboratorios para sus análisis.

B. Necesidad de una estrategia de producción y certificación más apropiada para atender la mayor parte de las demandas, nacional y extranjera.

Como se ha mencionado previamente, la amplia diversidad de los materiales de referencia que se requieren para satisfacer a las normativas oficiales, hace necesario promover y gestionar la creación de laboratorios designados para que participen en el fortalecimiento de la red de laboratorios de productores de MR y en el establecimiento de patrones específicos a las necesidades muy particulares, adicionalmente, cubrir la demanda de materiales de referencia de matriz natural en los campos de la salud, alimentos y ambiental.

El resultado esperado de la colaboración es que cada laboratorio sectorial pueda encargarse de coordinar las actividades de metrología en su sector, para armonizar la capacidad de medición de los

laboratorios que tienen funciones muy específicas de la evaluación de la conformidad en su respectivo campo, mediante el suministro de materiales de referencia, la realización de ensayos de aptitud, actividades muy similares a las del CENAM, con el nivel de exactitud adecuado a los sectores.

- C. La adecuación de un nuevo edificio, donde se tenga mayor incidencia y respuesta a las necesidades de los clientes.

Mediante la producción de lotes más grandes en un periodo de tiempo menor, se disminuyen los gastos de producción del lote del MR y se mejora la productividad. En el nuevo edificio módulos D y E se tiene planeado la adquisición de equipos tales como liofilizadora, molinos, subdivisores, tamizadoras para preparar MR de matriz y una línea semiautomatizada para la preparación de MR líquidos o calibrantes que harían más productiva la preparación de los MR.

La medición de pureza para los compuestos orgánicos, parte importante de la certificación, se realizará mediante un equipo que hace la medición de una manera más directa, midiendo las impurezas con mayor exactitud y en un corto periodo, dicho equipo es la resonancia magnética nuclear (RMN) el cual se pretende adquirir y colocar en el nuevo edificio, módulos D y E.

La medición de la pureza de los elementos metálicos, se lleva a cabo usando dos equipos, tales como el espectrómetro de emisión óptica por descarga luminiscente y un espectrómetro de masas con plasma acoplado inductivamente que mide las impurezas, lo hace de una manera más rápida y con mayor exactitud.

Los edificios que ocupa la Dirección General de Metrología de Materiales son parte de los edificios C y el Q, que están saturados en sus espacios, por lo que si se requiere incrementar la capacidad de producción de los servicios, en volumen y variedad, se necesita contar con espacios para hacer la instalación de nuevos laboratorios, enfocados en otras disciplinas metroológicas, a través de construirlas, equiparlas y asignar el personal competente correspondiente.

### 3.1. Análisis de la oferta existente.

Los patrones de medición para las propiedades químicas, físico-químicas y físicas, conocidos como materiales de referencia, MR, son la base en las mediciones de las magnitudes químicas, biológicas y de materiales, con el objetivo de usarlos como referencias indiscutibles para realizar la evaluación de la conformidad respecto al cumplimiento de normas obligatorias y voluntarias. Para el cumplimiento a las garantías de estado, indicadas en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en su Título I, Capítulo I, Artículo 4º, que dice: “...*Toda persona tiene derecho a la alimentación nutritiva, suficiente y de calidad. El Estado lo garantizará. Toda persona tiene derecho a la protección de la salud. La Ley definirá las bases y modalidades para el acceso a los servicios de salud y establecerá la concurrencia de la Federación y las entidades federativas en materia de salubridad general, conforme a lo que dispone la fracción XVI del artículo 73 de esta Constitución. Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley...*”. Así mismo para asegurar un proceso de producción, para verificar la conformidad con normas mexicanas de los productos de consumo o de desecho, para determinar la calidad o inocuidad de los productos mexicanos de consumo nacional y de exportación

y para evaluar la conformidad con normas internacionales o nacionales de otros países, mediante el proceso de certificación, estos patrones de medición adquieren valores certificados trazables al Sistema Internacional y el CENAM tiene la misión de proporcionarlos con certificado, como los MRC.

La metrología primaria que se desarrolla en el CENAM, al ser de la más alta exactitud metrológica, implica altos costos, debido a que se requieren realizar actividades inherentes al desarrollo y mantenimiento de los patrones nacionales, a la comparación de los patrones nacionales con los de otros países, al desarrollo científico y tecnológico en las mediciones, no solamente para el establecimiento de los patrones de mayor calidad metrológica, sino también para los sistemas de referencia de alta jerarquía metrológica y particularmente en los campos de las mediciones de las propiedades químicas, fisicoquímicas y de materiales, el desarrollo de nuevos MRC, que son indispensables para dichas mediciones, ya que son fundamentales para garantizar la trazabilidad de las mismas al Sistema Internacional de Unidades (SI), mediante los valores certificados, que sirven para diseminar las exactitudes y consecuentemente para asegurar la confiabilidad de las mediciones realizadas en los laboratorios de ensayos.

La Dirección General de Metrología de Materiales se encuentra ubicada en parte de los edificios C y Q del CENAM, cuenta con 44 laboratorios asignados a las Direcciones de Materiales de Referencia (610), de Análisis Inorgánico (620) y de Análisis Orgánico (630), con una área total de 1 658 m<sup>2</sup>.

El CENAM requiere ampliar y mejorar su capacidad de producción y medición en la Dirección General de Metrología de Materiales para dar cumplimiento a la alta demanda requerida o solicitada por los clientes, así como aquella que se suscitará en el país ya que éste continuará creciendo industrialmente y por lo tanto necesitará de mayor cantidad de materiales de referencia certificados para cumplir con la evaluación de la conformidad y con la calidad de las mediciones de los productos.

Durante el 2013, considerando únicamente las solicitudes recibidas para el desarrollo y certificación de materiales de referencia, se tienen: 3 317 (83% análisis inorgánico, 13% análisis orgánico, 4% matriz natural).

En las condiciones actuales la Dirección General de Metrología de Materiales del CENAM no tiene ni los laboratorios, ni el equipamiento adecuado, ni el personal de planta necesario para poder ofrecer los MRC no atendidos, requeridos por los clientes. Con este proyecto se propone elaborar y generar los patrones de referencia demandados por los laboratorios de servicio, industriales y de investigación de todo el país, para química orgánica e inorgánica, biometrología (microbiología) y nanometrología, necesarios en los sectores de salud, alimentos, agroindustria e investigación. Dichos patrones se usarán para llevar a cabo las calibraciones analíticas, para validar los métodos de medición, así como para conocer la competencia técnica de dichos laboratorios, con el propósito de proporcionar trazabilidad a nivel nacional, de las mediciones metrológicas que requieren estos sectores, para asegurar la confiabilidad de las mediciones de los productores.

El proyecto contempla la incursión del CENAM en áreas que experimentan importantes desarrollos en materia de metrología primaria con los siguientes objetivos:

1. Crear el área de desarrollo y certificación de MR e implementar y validar metodologías para la certificación de dichos MR necesarios para los sectores de biometrología, agrícola y clínico.
2. Establecer patrones de medición para los sectores de biotecnología, agrícola y clínico como medio para lograr la trazabilidad de las mediciones en dichos sectores.
3. Participar exitosamente en las pruebas de comparación coordinadas en el marco del Sistema Interamericano de Metrología, SIM, y del Comité Consultivo de Cantidad de Materia, CCQM por



**Libro Blanco:** Construcción y equipamiento de Laboratorios Especiales, Segunda Etapa (Módulos D y E), relacionado con la continuidad de la obra pública para laboratorios de metrología química y nanometrología

sus siglas en inglés, para establecer comparabilidad internacional, mediante el reconocimiento, a través de la aceptación de las Capacidades de Medición y Calibración, CMC, para las mediciones de biotecnología, agrícolas y clínicas realizadas por el CENAM.

4. Proporcionar trazabilidad a las mediciones en salud, seguridad de alimentos y protección ambiental.
5. Posicionarse en nuevas áreas de desarrollo de la metrología de alto impacto social y económico.

En el campo de la nanometrología, el CENAM estará en la capacidad de satisfacer la demanda de trazabilidad a nivel nanométrico de ramas industriales de alto contenido tecnológico y potencial de crecimiento, como la electrónica, computación, semiconductores, automotriz, instrumentos de medición, entre otros. Actualmente la mayoría de las mediciones y análisis nanométrico industriales se realizan en laboratorios de países extranjeros. Con este proyecto, se establecerán las bases para apoyar a la industria nacional, en la formación de sus laboratorios de nanotecnología, en la capacitación de su personal, en el control de calidad de los dispositivos, en la disminución de costos de producción por la implementación de mediciones adecuadas en sus líneas de producción; además de beneficios, en cuanto a formación de recursos humanos con alto nivel tecnológico y científico, provenientes de las universidades y centros superiores de investigación de todo el país. Los trabajos de investigación que se llevarían a cabo, conjuntamente con las industrias relacionadas, generarían oportunidades de desarrollar patrones, de acuerdo con la competitividad que requiera la industria nacional.

La línea estratégica de metrología para nanotecnología implica poner en marcha un sistema de mediciones confiables y uniforme para la caracterización, medición y certificación, con bases metrológicas, que permita la obtención del reconocimiento internacional; atender las necesidades metrológicas del país, actuales y previsibles, en soporte a las nanociencias y para el aprovechamiento de las nanotecnologías; establecer métodos de referencia para la medición de nanopartículas para diferentes aplicaciones; y certificar MR para dar trazabilidad a las mediciones en la nanoescala.

### 3.2. Análisis de la demanda actual.

La demanda que ha tenido la Dirección General de Metrología de Materiales obliga al CENAM a ampliar la diversidad y volúmenes de materiales de referencia con trazabilidad garantizada.

Los servicios que fueron solicitados a la Dirección de Metrología de Materiales durante el año 2013, nos arroja la cantidad de 1 509. En la tabla siguiente se muestran las solicitudes por tipo de servicio correspondientes:

<b>Servicios solicitados en 2013</b>	
Materiales de referencia certificados	1448
Servicios de calibración	43
Servicios analíticos de alta confiabilidad	38
Ensayos de aptitud	10



**Libro Blanco:** Construcción y equipamiento de Laboratorios Especiales, Segunda Etapa (Módulos D y E), relacionado con la continuidad de la obra pública para laboratorios de metrología química y nanometrología

Adicionalmente, se realizó una encuesta de servicio con la participación de 936 clientes. Se realizaron preguntas directas a los usuarios, solicitando su opinión y evaluación, para cada uno de los servicios que ofrece el CENAM.

Otra de las necesidades muy tangibles que se presenta para el CENAM, es la relacionada a las nuevas tecnologías, para las cuales se tiene que llevar a cabo un trabajo de investigación y definir el desarrollo de nuevos materiales de referencia certificados que puedan ser utilizados por ese sector, tal es el caso de las áreas de Proteómica, Biología Molecular y Nanotecnología.

Para Proteómica se están desarrollando métodos de prefraccionamiento y concentración de las muestras, antes del protocolo de identificación. Llegar a cuantificar cada proteína de interés, a partir de métodos rápidos de espectrometría de masas, también es un reto actual. Con ello se ganaría en precisión, a la hora de establecer patrones diferenciales. La aplicación más llamativa, con más impacto comercial, es el descubrimiento de fármacos, el diagnóstico molecular y la medicina personalizada. En el sector Salud así como en dependencias federales tales como la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Secretaría de Educación Pública, Instituto Nacional de Medicina Genómica, centros públicos de investigación, instituciones de educación media superior e investigadores, es donde se observa una mayor demanda.

El área de Biología Molecular tiene un amplio espectro de aplicaciones y actualmente son los métodos y protocolos de mayor uso a nivel internacional, por la industria de alimentos, con más de 15 guías emitidas por la International Organization for Standardization (ISO) para la determinación de virus, bacterias, alérgenos, productos biotecnológicos, determinación de origen, clínicos con aplicación en genética, determinación de enfermedades hereditarias, carga viral y medio ambiente, para la remediación de suelos mediante el uso de la biotecnología.

Para el campo de Nanotecnología, existen en México 1,142 solicitudes y patentes en el tema, la gran mayoría de éstas son de extranjeros, que de esta manera buscan proteger sus invenciones en México; desde 2008 el tema se maneja a nivel nacional. Como resultado del estudio "Diagnóstico y Prospectiva de la Nanotecnología en México", se identificaron 56 instituciones que en México desarrollan actividades de investigación y/o docencia, relacionadas con la nanotecnología. La demanda en los sectores de investigación ya está en puerta, puesto que existen en el país 157 laboratorios y 17 plantas piloto distribuidas en diferentes instituciones, donde se desarrollan 340 líneas de investigación relacionadas con esta disciplina. Cabe hacer notar que solo algunas de las instituciones que albergan estos laboratorios, cuentan con el equipamiento especializado de vanguardia, necesario para abordar los temas de frontera del conocimiento en materia de nanociencias y nanotecnología (Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM, Instituto Mexicano del Petróleo, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, Centro de Investigación en Química Aplicada, Centro de Investigación en Materiales Avanzados y el CENAM).

Los proveedores de MRC y/o patrones de medida para este campo innovador, son los que certifican los laboratorios de metrología de otros países, entre los que destacan: National Research Council Canada (NRC), LGC Standards, Institute for Reference Materials and Measurements (IRMM), Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), National Institute of Standards and Technology (NIST). En México no hay quien pueda proveer o dar trazabilidad a este nivel de mediciones.

En México, los sectores económicos, incluyendo las instituciones públicas y centros de investigación, ven al CENAM como la instancia que dirige y articula el aseguramiento metroológico nacional, desde el punto de vista técnico. Con estas bases, el CENAM, partiendo de la interrelación con todos los sectores, debe percibir y anticipar objetivamente la atención a las demandas de la sociedad en su conjunto, actuando estratégicamente para contar con la infraestructura y el equipamiento mínimos indispensables, que permitan dar el soporte metroológico de calidad y de confiabilidad que demanda la sociedad.

Los principales usuarios de los servicios del CENAM son los laboratorios de servicios analíticos, acreditados y no acreditados por la EMA, los laboratorios industriales, los laboratorios de investigación y los de las instituciones educativas. Durante el mes de octubre y noviembre del 2014, el CENAM elaboró una encuesta de servicio de MR, misma que quedó como un estudio de mercado dinámico durante el 2015. Se envió la encuesta a un universo de 800 laboratorios acreditados obteniendo el 9.6 % de resultados. Algunas de las conclusiones de este estudio indican lo siguiente:

1. El sector al que ofrecen mayor servicio las empresas, es el industrial, seguido del alimentario, aunque con menor frecuencia al sector de la construcción. También presentan importancia los sectores energético, ambiental y el agroalimentario con una frecuencia igual.
2. El tipo de servicio que más se ofrece es el de los servicios analíticos.
3. Se identifican otros servicios que se encuentran en baja frecuencia, pero que son de importancia: unidad de verificación, investigación y organismo de certificación.

Conclusión fundamental, la demanda de MRC está siendo cubierta en un 52 % por el CENAM, mientras que el otro 48 % es de procedencia extranjera, como se puede ver en la siguiente gráfica:



Se identifica una demanda actual de MRC que equivale a un volumen de 1,775 por año, con una tendencia al alza del 10 % para los próximos años. La tendencia se muestra en la siguiente gráfica:

### CUALES MATERIALES Y CUANTOS DE REFERENCIA CERTIFICADOS SE UTILIZAN

○ 6. a) Demanda por año actual y prevista a 2018.



Del 74 % al 84 % de los clientes se apegan a normas que tienen que ver con la metrología, confirmando el funcionamiento del Sistema Metroológico Nacional.

### 3.3. Interacción de la oferta-demanda

Dentro de un enfoque de mercadotecnia es importante identificar de manera constante las necesidades de los clientes, un resumen de la estadística de servicios en la Dirección General de Metrología de Materiales, durante el periodo 2013-2017, muestra que no se ha podido atender la demanda de los servicios solicitados por los clientes, por la capacidad de infraestructura y personal que se tiene, como se muestra en la siguiente tabla:

#### **Demanda no atendida de MRC**

Año	2013	2014	2015	2016	2017
Total de MRC demandados (ya desarrollados y no atendidos)	465	720	512	276	487
Total de MRC demandados (no desarrollados y no atendidos)	1129	756	709	481	325

Bajo este mismo esquema en la última encuesta de mercado 2014, realizada a los afiliados a la EMA que participan con las áreas de Pureza Orgánica, Inorgánica y MR de Matriz Natural o con las nuevas tecnologías de Proteómica, Biología Molecular y Nanotecnología, se observó que para la Dirección General de Metrología de Materiales es una necesidad ampliar las capacidades y realizar desarrollos en nuevas tecnologías para satisfacer una demanda creciente de servicios en México:

- Los clientes respondieron que identifican una demanda actual de materiales de referencia certificados y que equivale a un volumen de 1,775 MRC al año, con una tendencia a la alza del 10 % en los próximos 3 años.
- Una conclusión fundamental que se obtuvo y que actualmente es la demanda de materiales de referencia certificados está siendo cubierta en un 52 % por el CENAM, mientras que el otro 48 % es de procedencia extranjera.
- De lo anterior se puede decir que se requiere incrementar la capacidad de los servicios por lo que los planes estratégicos del CENAM incluyeron para el Programa Institucional 2013-2018 la estrategia siguiente:

Estrategia 2.2 Incrementar la disponibilidad de materiales de referencia certificados, con las siguientes líneas de acción:

- 2.2.1 Desarrollar un programa de producción de materiales de referencia certificados en matrices complejas.
- 2.2.2 Fomentar un programa de desarrollo de productores de materiales de referencia.
- 2.2.3 Buscar el reconocimiento internacional de las capacidades de medición y calibración del CENAM en materiales de referencia.
- 2.2.4 Impulsar laboratorios de referencia en dependencias con responsabilidades en áreas de salud y protección al medio ambiente.

Adicionalmente se requiere el equipamiento de las áreas especializadas para lograr el incremento de las capacidades deseadas.

#### **4. Marco normativo del proyecto**

Dentro las actividades de planeación y ejecución del proyecto, el marco normativo aplicable de mayor relevancia a cumplir es el siguiente:

##### 4.1. Leyes

- Ley Federal de Entidades Paraestatales
- Ley de Planeación
- Ley Federal de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria
- Ley de Ingresos de la Federación de los ejercicios fiscales 2013 a 2018
- Decreto de Presupuesto de Egresos de la Federación. Ejercicio fiscales 2013 al 2018
- Ley Federal sobre Metrología y Normalización
- Ley Federal de los Trabajadores al Servicio del Estado
- Ley Federal del Trabajo
- Ley del Impuesto al Valor Agregado
- Ley del Impuesto sobre la Renta
- Ley del Servicio de Tesorería de la Federación
- Ley Federal de Responsabilidades Administrativas de los Servidores Públicos
- Ley General de Responsabilidades Administrativas
- Ley General de Bienes Nacionales
- Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público
- Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas
- Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental
- Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental
- Ley Federal de Archivos
- Código Federal de procedimientos civiles
- Código Fiscal de la Federación

##### 4.2. Reglamentos:

- Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización
- Reglamento de la Ley Federal de Entidades Paraestatales
- Reglamento de la Ley de Presupuesto y Responsabilidad Hacendaria
- Reglamento de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público
- Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas
- Reglamento de la Ley del Impuesto al Valor Agregado
- Reglamento del Código Fiscal de la Federación

##### 4.3. Manuales, Lineamientos y documentos relacionados con el CENAM:

- Clasificador por Objeto del Gasto

- Lineamientos por los que se establecen medidas de austeridad en el gasto de operación en las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal.
- Acuerdo por el que se expide el Manual Administrativo de Aplicación General en Materia de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público.
- Acuerdo por el que se establecen las Disposiciones Generales para la Realización de Auditorías, Revisiones y Visitas de Inspección.
- Acuerdo por el que se emiten las Disposiciones y el Manual Administrativo de Aplicación General en Materia de Control Interno.
- Acuerdo por el que se expide el Manual Administrativo de Aplicación General en Materia de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas.
- Acuerdo por el que se expide el Manual Administrativo de Aplicación General en Materia de Recursos Financieros.
- Acuerdo por el que se modifica el diverso por el que se establecen las disposiciones en Materia de Recursos Materiales y Servicios Generales.
- Acuerdo por el que se modifican las políticas y disposiciones para la Estrategia Digital Nacional, en materia de tecnologías de la información y comunicaciones, y en la de seguridad de la información, así como el Manual Administrativo de Aplicación General en dichas materias.
- Acuerdo que tiene por objeto emitir las Disposiciones Generales en las materias de Archivos y de Gobierno Abierto para la Administración Pública Federal y su Anexo Único.
- Estatuto Orgánico del Centro Nacional de Metrología.
- Manual de Organización del Centro Nacional de Metrología.
- Acuerdo por el que se aprueba el Programa Institucional del Centro Nacional de Metrología 2013-2018.
- Código de conducta del personal del Centro Nacional de Metrología.
- Políticas, Bases y Lineamientos que rigen las Adquisiciones, Arrendamientos y prestación de Servicios relacionados con Bienes Muebles del CENAM.
- Políticas, Bases y Lineamientos en materia de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas.
- Normas Generales para el registro, afectación, disposición final y baja de bienes muebles del Centro Nacional de Metrología.

## 5. Vinculación del proyecto con el Plan Nacional de Desarrollo 2012-2018, con el Programa de Desarrollo Innovador y con el Programa Institucional del CENAM 2013-2018

Considerando que el proyecto tiene su origen desde el año 2002, destacándose como una actividad prioritaria mediante la cual el CENAM estaría en la posibilidad de contar con las capacidades necesarias para atender las diferentes y crecientes necesidades metroológicas del país, además de considerar su evaluación desde dicho años hasta la fecha, para el periodo de 2012 a 2018, retomando los datos que le dan sustento al proyecto y en cumplimiento con las funciones establecidas para el CENAM referidas en el artículo 30 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, los objetivos del Proyecto del Edificio de Laboratorios Especiales en su segunda etapa se alinean con los siguientes planes:

### 5.1. Alineación con las metas y objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018:

Meta del PND	Objetivo de la meta nacional	Estrategias del Objetivo de la Meta Nacional	Objetivos del Programa Institucional de CENAM 2013-2018
4. México próspero	4.7 Garantizar reglas claras que incentiven el desarrollo de un mercado interno competitivo.	4.7.3 Fortalecer el sistema de normalización y evaluación de conformidad con las normas	3. Contribuir al desarrollo y la evaluación de la conformidad de normas que promuevan la competitividad del país.
	4.8 Desarrollar los sectores estratégicos del país.	4.8.1. Reactivar una política de fomento económico enfocada en incrementar la productividad de los sectores dinámicos y tradicionales de la economía mexicana. 4.8.3 Orientar y hacer más eficiente el gasto público para fortalecer el mercado interno.	1. Implementar programas de transferencia de tecnología para fortalecer la competitividad de las empresas. 2. Ofrecer referencias de medición reconocidas internacionalmente, para soportar la confiabilidad de las mediciones que se realizan en el país.

### 5.2. Alineación con las metas y objetivos del Programa de Desarrollo Innovador (SE):

Objetivo del PND	Objetivo sectorial del PRODEINN	Estrategia(s) del Objetivo sectorial	Objetivos del Programa Institucional de CENAM 2013-2018
4.8 Desarrollar los sectores estratégicos del país.	1. Desarrollar una política de fomento industrial y de innovación que promueva un crecimiento económico equilibrado por sectores, regiones y empresas.	Estrategia 1.1. Impulsar la productividad de los sectores maduros. Estrategia 1.2. Incrementar la competitividad de los sectores dinámicos. Estrategia 1.3. Atraer y fomentar sectores emergentes. Estrategia 1.6. Promover la innovación en los sectores, bajo el esquema de participación de la academia, sectores privados y gobierno (triple hélice).	1. Desarrollar proyectos de transferencia de tecnología para fortalecer la competitividad de las empresas. 2. Ofrecer referencias de medición reconocidas internacionalmente, para soportar la confiabilidad de las mediciones que se realizan en el país.

## 6. Síntesis ejecutiva del proyecto

El proyecto comprende la construcción de un nuevo edificio en el CENAM para albergar laboratorios de metrología, así como su equipamiento. Este edificio es promovido por la Dirección General de Metrología de Materiales para la creación de la infraestructura de nuevas ramas en metrología química, que permitan ampliar la atención directa al mercado de los MRC, en específico: la ampliación de las capacidades de producción de las áreas de pureza orgánica, inorgánica y MR de matriz natural; y la creación de las nuevas capacidades de las áreas de proteómica, biología molecular (microbiología) y nanotecnología (nanometrología).

La estrategia de construcción del nuevo edificio busca ampliar las capacidades y desarrollar nuevas tecnologías, a través de los siguientes grupos de trabajo:

Grupo 1	Pureza en química inorgánica y determinación de autenticidad.
Grupo 2	Pureza orgánica, y proteómica por espectrometría de masas.
Grupo 3	Materiales de referencia (MR) de matriz natural.
Grupo 4	Metrología en biología molecular (microbiología).
Grupo 5	Metrología para nanotecnología (nanometrología).

El proyecto para la construcción y equipamiento del nuevo edificio inició en el año 2012 y su ejecución se detuvo por insuficiencia presupuestal. Se planeaba entonces que la segunda etapa del proyecto (Módulos D y E) se concretara en el periodo 2015 a 2018 y se concluyera con el equipamiento correspondiente de todos los laboratorios, para que a partir del 2018 se iniciaran las operaciones de los nuevos laboratorios en este nuevo edificio. El costo total del proyecto, a precios de diciembre de 2014, ascendía a \$568,648,812.57 (Quinientos sesenta y ocho millones, seiscientos cuarenta y ocho mil ochocientos doce pesos 57/100 M. N.).

Durante el periodo que comprende el presente Libro Blanco, únicamente se realizaron las siguientes acciones de obra pública durante el ejercicio 2013:

Contratos	Objetos	Empresas	Importes (S/IVA)	Fechas de Inicio	Fechas de Fin	Avances (%)
DGAF-OP-15/2013 DGAF-OP-15/2013-1	Obra civil para módulos D y E del edificio de laboratorios especiales	Construcciones JAVED S.A. de C.V.	\$14,536,681.61	12/08/2013	28/12/2013	100 %
DGAF-OP-016/2013 DGAF-OP-016/2013-1	Supervisión de obra 2013	Sifra y Asociados, S. A. de C. V.	\$2,295,404.55	12/08/2013	28/12/2013	100 %

Se realizó un avance mínimo en la ejecución de la segunda etapa del Proyecto del Edificio de Laboratorios Especiales (Módulos D y E), por lo que los beneficios proyectados están diferidos, a saber: Consolidar la metrología en otras áreas que emplean tecnologías de nueva generación y dar trazabilidad a la industria mexicana y centros de investigación para facilitar el comercio y ayudar a mejorar la competitividad de México; e Incrementar la capacidad de servicios, en volumen, variedad y de producción de MRC.



**Libro Blanco:** Construcción y equipamiento de Laboratorios Especiales, Segunda Etapa (Módulos D y E), relacionado con la continuidad de la obra pública para laboratorios de metrología química y nanometrología

## 7. Acciones realizadas

### 7.1. Aspectos presupuestales

#### a) Antecedentes del registro del proyecto en la Cartera de Inversiones de la SHCP

Retomando los datos señalados en el Libro Blanco sobre el mismo proyectos, elaborado a finales de 2012, con datos del periodo 2006 al mismo 2012, se destaca su número de proyecto registrado en la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (UI-SHCP) 0310K2H0001 Construcción y Equipamiento del Edificio de Laboratorios Especiales. En agosto del año 2002, la misma UI-SHCP autorizó el registro del proyecto “Construcción y equipamiento del edificio de Laboratorios Especiales” en la Cartera de Inversiones (solicitud en el sistema PPI No. 2325), proyecto que consideraba el levantamiento de 38 laboratorios, con un costo de 69.0 millones de pesos (Mdp) y un periodo de ejecución de cinco años, del 2003 al 2007.

En julio del 2004 se cambió el registro para el proyecto de los laboratorios especiales, incrementando su costo a 271.2 Mdp en dos Unidades, igualmente con un periodo de ejecución de cinco años. Esta modificación se derivó de una revisión realizada al diseño integral del proyecto, con la supervisión de una empresa extranjera especializada en control ambiental, con dos objetivos principales: 1. Contar con laboratorios con infraestructura similar a los de los países desarrollados, necesarios para atender la demanda que requieren los sectores industrial, comercial y de servicios.; y 2. Contar con laboratorios con características estrictas de control ambiental tipo “cuarto limpio”. Dicha revisión conllevó un cambio significativo en el proyecto, al pasar de una infraestructura con aire acondicionado ordinario a una con Sistemas de condiciones ambientales de temperatura, humedad y presión diferencial controladas.

Entre el 2006 y el 2010, dadas las limitaciones presupuestarias y los avances del proyecto, fue necesario postergar su calendario de ejecución, modificando su costo a 691.6 Mdp, con fecha de término en el año 2013. En los años 2010-2013 el proyecto presentó avances importantes con la conclusión de 26 laboratorios nuevos que ya están operando en la Unidad I y el inicio de la obra negra en el 2013 de la Unidad II (28.0 Mdp).

<b>Período</b>	<b>Ejercicio del Presupuesto (Mp)</b>	<b>Estatus</b>
2003-2009	73.4 Mdp	Concluido
2010-2013	344.1 Mdp, Unidad I, 26 laboratorios	Concluido
2014-2017	545.1 Mdp, Unidad II, 40 Laboratorios	Pospuesto

En 2013 se revisó nuevamente el proyecto, el cual incluía la Unidad I concluida y la Unidad II, contemplando la construcción de 40 laboratorios para las áreas de metrología de materiales, proyectando el año de término en el 2017. Se presentó una nueva solicitud de modificación ante la UI-SHCP, misma que comprendía la modificación al alcance del proyecto y el incremento en el monto de la inversión, originada por tres factores principales (inflación, modificación al diseño, nuevos laboratorios). Por los cambios en el alcance del proyecto y principalmente por los nuevos lineamientos para el registro en la cartera de programas y proyectos de inversión, personal de la UI-

SHCP señaló la necesidad de apegarse a las disposiciones para la Elaboración y Presentación de los Análisis Costo y Beneficio de los Programas y Proyectos de Inversión, que requerían un análisis más profundo y más estricto para la justificación de la rentabilidad o conveniencia de la inversión.

Por la complejidad de justificar la rentabilidad social de las actividades de metrología primaria, ante las nuevas exigencias de los análisis de la inversión y ante diversos rechazos y recomendaciones de la UI-SHCP, en el 2014 fue necesario realizar la contratación de asesores externos para integrar el documento y los anexos de un Análisis Costo-Eficiencia, basado en la propuesta original del Análisis Costo-Beneficio. Igualmente se observó por parte de la UI-SHCP que en los informes de seguimiento registrados en el portal en el 2013, para el avance físico se reportó al 100 %, que por error se utilizaron criterios basados únicamente en la conclusión de los laboratorios de la Unidad I, omitiéndose los trabajos pendientes de la Unidad II, conforme al proyecto global de la Cartera, sólo se tiene un avance real del 64.5 %.

Actualmente se tienen los siguientes pendientes del proyecto:

1. Se requiere la revisión y actualización del Análisis Costo-Eficiencia, principalmente en los costos de obra del proyecto y el equipamiento en su caso. Esto lo deberá realizar un agente externo.
2. Se requiere que la UI-SHCP autorice el nuevo documento del Análisis Costo-Eficiencia, los cambios en el alcance y en los avances del proyecto, a efecto de dejar nuevamente en estado de vigente el registro del PPI.
3. Se requerirá contar con la asignación presupuestaria suficiente, a efecto de poder continuar con la construcción de los laboratorios de la Unidad II (obra negra iniciada), de acuerdo a la estimación que resulte de la revisión y actualización del Análisis Costo-Eficiencia del proyecto.

#### b) Modificación en la inversión

El proyecto considera el fortalecimiento de la infraestructura de laboratorios de metrología del CENAM mediante la construcción de dos unidades o edificaciones con la correspondiente adquisición de equipo científico e instrumental para laboratorios, mobiliario de administración y equipos de cómputo. Los edificios que se construyen alojarán la maquinaria y/o equipos del sistema de control de condiciones ambientales; el sistema de alimentación eléctrica redundante; plantas de emergencia; sistema de red para la comunicación de datos; sistemas de seguridad contra incendio y/o explosión; sistema de tratamiento de agua para el suministro de laboratorios, así como la urbanización del conjunto que incluye un estacionamiento para 70 automóviles y áreas verdes.

Debido a la combinación de diversos factores, se observa un incremento en el monto y los plazos de la inversión que se explican por lo siguiente:

1. Apoyos fiscales: los apoyos de recursos fiscales (techo presupuestal) recibidos por el CENAM no correspondieron con los requerimientos de inversión previstos en la planeación inicial, entre los años 2003 y 2009 los avances físicos fueron marginales. La falta de recursos incidió directamente en el alargamiento del plazo de ejecución del proyecto.
2. Inflación: El índice de inflación acumulada entre enero del 2003 y diciembre del 2012 asciende a poco más del 50%, el efecto a 10 años tuvo un impacto en los materiales de construcción más significativos, en particular los precios de la varilla y el concreto premezclado registraron

incrementos acumulados del 105 % y 41 % respectivamente, influenciados básicamente por las condiciones del mercado internacional. Por su parte la maquinaria y equipos de infraestructura crecieron en 28 % promedio.

3. Modificaciones al diseño: Inicialmente el proyecto consideraba conformar cada uno de los laboratorios con dobles muros para el retorno del aire acondicionado, destacando las tipologías siguientes:

- a) Muros exteriores de panel de concreto celular de 20 cm de espesor.
- b) Muros interiores de tableros de panel de tablamento durock y panel metálico con poliuretano expandido.
- c) Falso plafón ligero fabricado con lámina galvanizada.
- d) Sistema de aire acondicionado en la casa de máquinas con características suficientes para lograr un control de temperatura hasta de  $\pm 0.1$  °C.
- e) Dos plantas eléctricas de emergencia para respaldar los cinco módulos.
- f) Puertas de madera forradas con metal.
- g) Ventanas con perfil de PVC y cristal de 6 mm

Se realizó un análisis en la innovación aplicada en la industria de la construcción y experiencias de otros países, para este tipo de laboratorios, que por su particularidad no se tienen protocolos o registros de construcciones anteriores, proponiéndose mejoras que se resumen a continuación:

- a) Para los muros y plafones de todos los laboratorios se eligieron paneles metálicos para obtener las siguientes ventajas: disponer de un sistema modular que además permita un anclaje y sello hermético en su unión, de aluminio o de acero cubiertas con pintura especial para soportar una gran diversidad de químicos.
- b) Sistema de exclusas para el acceso a los laboratorios y contribuir a mantener su control ambiental y clasificación de cuarto limpio.
- c) Adecuación en plafones para lograr que el suministro de aire acondicionado sea en forma de flujo laminar, es decir, sea uniforme en toda el área del laboratorio y lograr que la velocidad del aire sea de 0.25 m/s, para con esto no afectar los procesos.
- d) Construcción de fosas antivibratorias para aislar varios equipos en ciertas frecuencias de vibraciones. Para esto se utilizaron materiales pétreos como grano de mármol de 5 mm, arena de río de 1 a 2 mm y sobre éstos se colaron bloques de concreto sin refuerzo acero para no interferir con las mediciones.
- e) Sistemas energía eléctrica ininterrumpible (UPS).
- f) Sistema de control central y módulos de aire acondicionado con sensores para rastrear y automatizar la operación del sistema.
- g) Sistema de tierras eléctricas general y para equipos de medición específicos.
- h) Contactos eléctricos en el piso, para ofrecer mayor funcionalidad.

## 7.2. Recursos financieros y presupuestales aplicados

Ante las problemáticas descritas en los apartados anteriores con respecto al registro en la Cartera de Inversiones de la SHCP y los pocos recursos presupuestales que fueron autorizados al CENAM, para el rubro de inversión física durante el periodo del 2013 al 2018, los únicos trabajos de obra pública ejecutados para la continuidad de la Segunda Etapa del Proyecto del Edificio de Laboratorios Especiales son los que se han señalado previamente en el punto 6. Síntesis ejecutiva del proyecto. Cabe señalar, que a la fecha no se han contado con mayores recursos para el proyecto.

Los contratos señalados anteriormente, fueron adjudicados mediante los siguientes procedimientos de licitación pública:

- Contrato DGAF-OP-015/2013, licitación pública nacional No. 10095002-001-13
- Contrato DGAF-OP-016/2013, licitación pública nacional No. 10095002-002-13

### 7.3. Integración de Expedientes y Documentación Soporte de la Aplicación de los Recursos

Conforme a los recursos erogados para la ejecución del proyecto, los soportes técnicos respectivos se encuentran resguardados por la Subdirección de Obra Pública de la Dirección General de Administración y Finanzas, con referencia al número de contrato de obra formalizado.

Con respecto a los soportes financieros, que respaldan la erogación de recursos realizada a la fecha, se pueden identificar de la siguiente forma:

- a) Presupuestalmente la ejecución de los recursos queda sustentada en la Cuenta de Hacienda Pública del ejercicio 2013, que fue el único año donde se erogaron recursos. Dicha información se encuentra bajo resguardo de la Subdirección de Programación y Presupuesto del CENAM.
- b) Contablemente, se mantienen los registros correspondientes conforme a las disposiciones aplicables, así como su respectivo dictamen emitido, por el auditor externo, en lo correspondiente al ejercicio fiscal 2013.
- c) Como referencia directa para la elaboración del presente Libro Blanco, con información en mayor detalle de lo señalado, la Dirección de Finanzas tiene bajo su resguardo el documento “Análisis Costo-Eficiencia del Proyecto Construcción y Equipamiento de Laboratorios de Metrología” elaborado para el CENAM por la empresa BSP Project Management Consulting, elaborado en diciembre de 2014, con la finalidad de lograr el registro en la Cartera de Inversiones ante la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

La documentación se encuentra debidamente clasificada y resguardada, conforme a las disposiciones de las Leyes General y Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

## 8. Seguimiento y Control

Por la importancia del proyecto, de manera permanente, se tiene un seguimiento de los avances y su situación vigente, principalmente en lo que tiene que ver con su registro en la Cartera de Inversiones de la SHCP.

Como se mencionó, el programa de inversión previsto para el periodo 2013-2018 no pudo ejecutarse conforme estaba previsto, lo que derivó en su retraso y la inexistencia de acciones ejecutadas específicas durante los ejercicios del 2014 al 2018, esperando que para los posteriores años se cuente con su registro correspondiente en la Cartera de Inversiones de la SHCP y con el apoyo presupuestal previsto para su continuidad. Por lo tanto, únicamente en el ejercicio 2014 el Órgano Interno de Control en el CENAM, realizó una revisión a los recursos erogados en el proyecto en el ejercicio 2013, como parte de la auditoría realizada a la Subdirección de Obra Pública, sin la determinación de observaciones al respecto, solo con algunos hallazgos determinados, los cuales al ejercicio 2018 ya se encontraban atendidos en su totalidad. Dichos contratos del ejercicio 2013 también formaron parte de la revisión a las operaciones reportables de la Subdirección de Obra Pública por parte del Despacho de Auditores Externos designado en dicho ejercicio, de la cual no se tuvieron observaciones para su atención.

## 9. Resultados y beneficios alcanzados e impactos identificados

Derivado del mínimo avance que se tuvo en la ejecución de la segunda etapa del Proyecto del Edificio de Laboratorios Especiales, que contempla los Módulos D y E, se deben resaltar los siguientes resultados y beneficios que se esperan obtener con su conclusión en un periodo razonable:

1. Construcción del nuevo edificio y equipamiento de laboratorios de la Dirección General de Metrología de Materiales para la creación de la infraestructura de metrología, la cual permitirá:
  - a) Consolidar la metrología en otras áreas que emplean tecnologías de nueva generación tal como la Proteómica, la Biología Molecular (microbiología), la Nanotecnología (nanometrología) y la determinación de autenticidad cumpliendo con normas nacionales e internacionales que faciliten el comercio y apoyen a mejorar la competitividad de México.
  - b) Incrementar la capacidad de producción y de servicios, en volumen y variedad, para atender la amplia demanda de MRC existente en nuestro país y que actualmente no es atendida por el CENAM, por falta de capacidad de producción.
  
2. La capacidad productiva que se tendrá por el proyecto, se describe a continuación:
  - a) La infraestructura científica y tecnológica avanzada permitirá desarrollar los sistemas de referencia nacionales de la más alta calidad metrológica y de investigación en metrología y a su vez, equiparla apropiadamente para el desarrollo de patrones de medición para que la sociedad pueda contar oportunamente con los materiales de referencia certificados de matriz natural y con la calidad metrológica requerida para mejorar su competencia en las mediciones en los campos de la química, biología, microbiología, así como de las mediciones de nanomateriales.
  - b) La infraestructura contará con el equipo de personal reconocido en los campos de la ciencia química, biología, microbiología y de nanociencias, promoverá la formación de recursos humanos altamente especializados en metrología y que además, formarán los núcleos de expertos para fortalecer el sistema nacional de metrología, normalización y evaluación de la conformidad.

## **10. Resumen ejecutivo del informe final del servidor público responsable de la ejecución del proyecto**

Derivado de las problemáticas enfrentadas en la actualización del registro correspondiente ante la Unidad de Inversiones de la SHCP, para poder continuar con la segunda etapa del proyecto del Edificio de Laboratorios Especiales, que corresponde a los Módulos D y E de la Dirección General de Metrología de Materiales, su ejecución ha quedado sujeta a la obtención de dicho registro y en consecuencia, a la asignación de recursos fiscales por parte del Gobierno Federal, de los cuales únicamente se obtuvieron en el ejercicio 2013 para los trabajos de obra civil y supervisión de obra para dichos Módulos.

Considerando el retraso en su ejecución, conforme a la programación prevista, en consecuencia también se ha visto aplazada la atención de los objetivos previstos y de los beneficios que se esperan obtener.

Por tal motivo, el presente Libro Blanco representa la situación actual y los avances en la ejecución del proyecto, dejando establecidas las acciones por realizar para los próximos años, las cuales estarán sujetas a la aprobación de su registro en la Cartera de Inversiones de la SHCP y a que las autoridades presupuestales aprueben al CENAM los recursos fiscales necesarios para su culminación, conforme al programa establecido.

Parte fundamental en la atención del proyecto, para poder concluir los Módulos D y E de la Dirección General de Metrología de Materiales, será vital que el CENAM revise y transmita adecuadamente los objetivos y beneficios que se esperarían obtener con su realización, a fin de que las autoridades competentes en la Secretaría de Economía y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, aprueben su continuidad y la asignación de los recursos presupuestales correspondientes.



**Libro Blanco:** Construcción y equipamiento de Laboratorios Especiales, Segunda Etapa (Módulos D y E), relacionado con la continuidad de la obra pública para laboratorios de metrología química y nanometrología

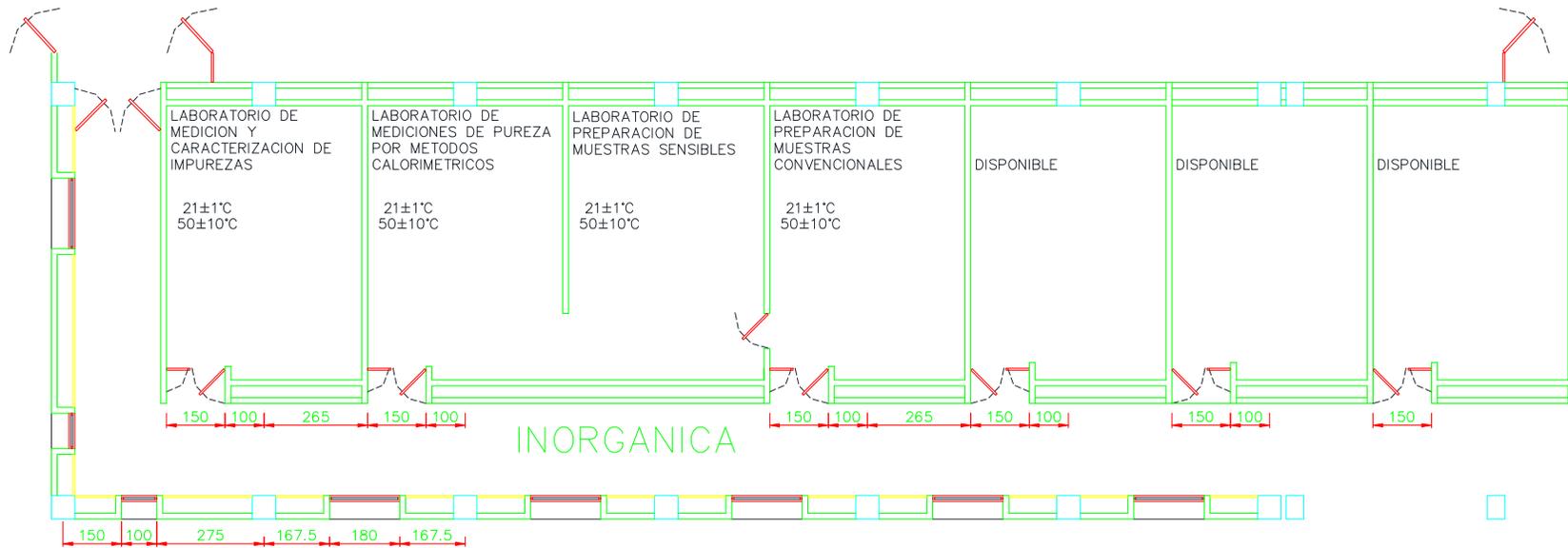
## 11. Anexos

### 11.1 Descripción y ubicación de los laboratorios con el equipo analítico considerado en los Módulos D y E.

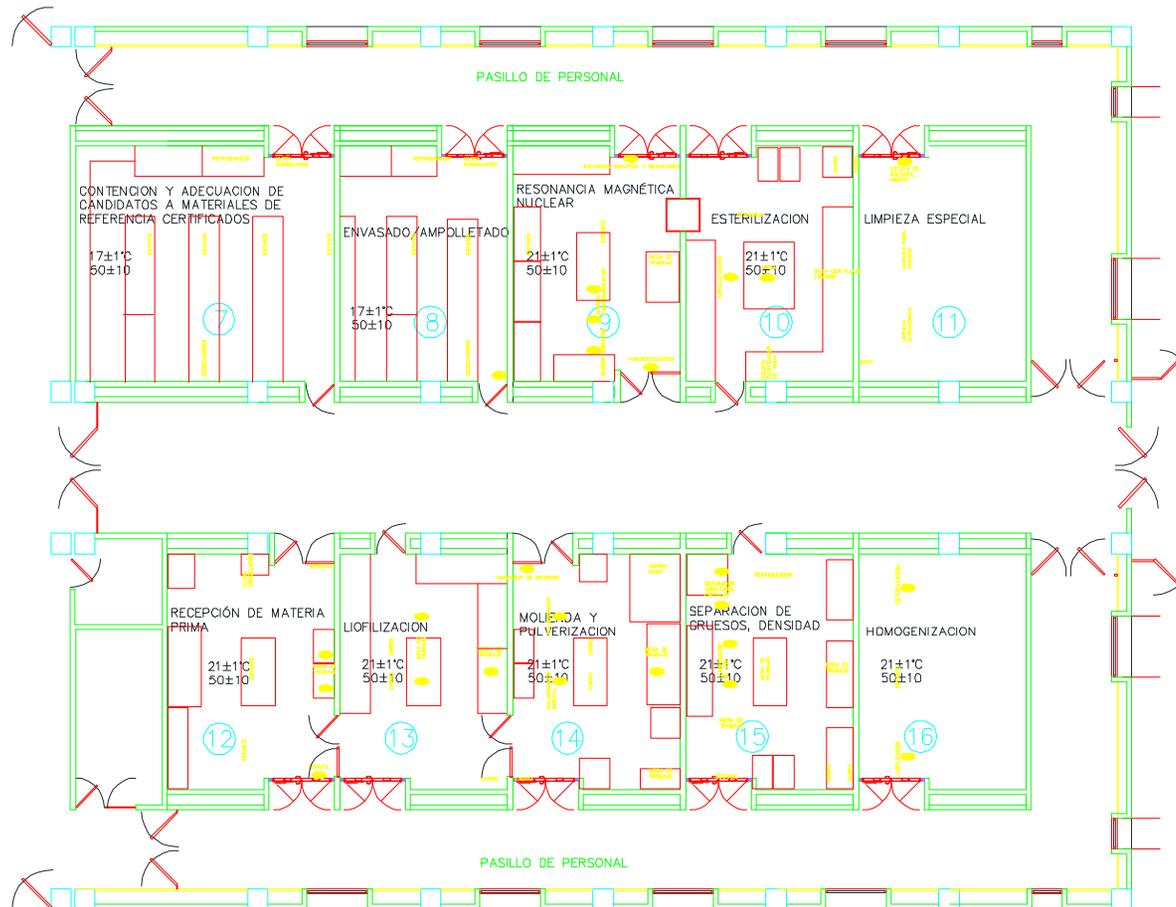
#### Laboratorios de Inorgánico

Nombre del laboratorio.	Principales proyectos de investigación en metrología y servicios de calibración	Equipos
E23 Espectrometría de masas de multicolector con plasma acoplado inductivamente	Medición de relación isotópica elemental para la determinación de origen, que permita la confirmación de origen de productos y suplementos alimenticios, muestras ambientales, fármacos, muestras forenses.	ICP-MS cuadrupolo con acople a cromatografía iónica; Muebles con tarja; Cromatografía para aniones; Sistema de limpieza ultrasónica; Carros para laboratorio; Módulo de flujo laminar
E24 Cuarto Limpio para Pureza Inorgánicos	Preparación química de los diferentes materiales puros inorgánicos (limpieza y digestión ácida) para la posterior medición para certificación de: Pureza y relación isotópica elemental.	Muebles (dentro del laboratorio que incluyan tarja grande); Sistema purificador de agua; Flujo laminar; Campanas de extracción; Balanzas analíticas (2); Mesas para balanzas; Recirculador; Plato caliente (2 piezas); Sistema de tratamiento de agua; Destilador de cuarzo para destilación subboiling Sistema de monitoreo de las condiciones ambientales; Anemómetro; Carro de laboratorio
E25 Electrogravimetría	Medición de pureza en metales puros para su certificación empleando el método directo, donde se mide la fracción de masa del metal.	Potenciostato; Estufa de calentamiento Termohidrobarómetro; Balanza analítica Extracción móvil; Muebles Cuatro módulos de flujo laminar clase 100; Densímetro; Módulo de disco rotatorio; Mesa para balanza (1); Carro de laboratorio; Pulidora
E26 Glow Discharge acoplado a Espectrometría de masas	Mediciones de pureza de metales, empleando el método indirecto, midiendo las impurezas en los metales de referencia puros primarios.	Bomba; Campana de extracción; Flujo laminar; Mesa; Recirculador; Homogeneizador ultrasónico Mueble con tarja; Carros de laboratorio (2) Tres trompas de material no metálico
E27 Preparación especial de calibrantes metales puros	Preparación especial de calibrantes y muestras para la medición de impurezas en metales puros, empleando Glow Discharge-acoplado a espectrometría de masas, que serán empleados en mediciones de relación isotópica y en la preparación de calibradores monoelementales.	Pulidora; Cortadora de electroerosión; Cortadora de precisión; Prensa para polvos; Baño ultrasónico; Mesas (3); Gabinete (2); Mueble con tarja; Carros de laboratorio (2); Dos Trompas
E28 Medición de oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, carbono y azufre	Medición de oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, carbono y azufre en muestras sólidas inorgánicas (sales) y metales de alta pureza. Mediciones necesarias en las mediciones de pureza de metales e isótopos (para medición de relación isotópica)	Equipo de medición de oxígeno, nitrógeno e hidrógeno; Equipo de medición de carbono y azufre; Ampolletadora manual; Mufla; Ultra-microbalanza; Balanza analítica; Mesas (9); Mueble con tarja; Carros de laboratorio (4); Dos Trompas
D15 Conductividad electrolítica	Incrementar el intervalo de los MR que actualmente se ofrecen (150 uS/cm-12 800 uS/cm); particularmente hacia niveles de conductividad electrolítica de agua ultrapura y de agua de mar.	Potenciómetro; Campana de extracción Ampolletadora; Estufa de calentamiento Potenciostato; Sistema purificador de agua Marco de pesas
D16 pH	Mejorar la incertidumbre de las mediciones, e iniciar con el desarrollo de escalas de pH en medios no acuosos.	Potenciómetro; Balanza analítica alcance de 5 kg resolución 0.01 mg; Balanza analítica 200 g resolución 0.01 mg; Módulos de flujo laminar; Ampolletadora; Potenciostato; Mesa para balanza. (2); Marco de pesas

## Módulo E.- Laboratorios de Inorgánica



**Módulo D.- Laboratorios de MR de matriz natural (Conductividad electrolítica y pH).**



## Laboratorios de Orgánica

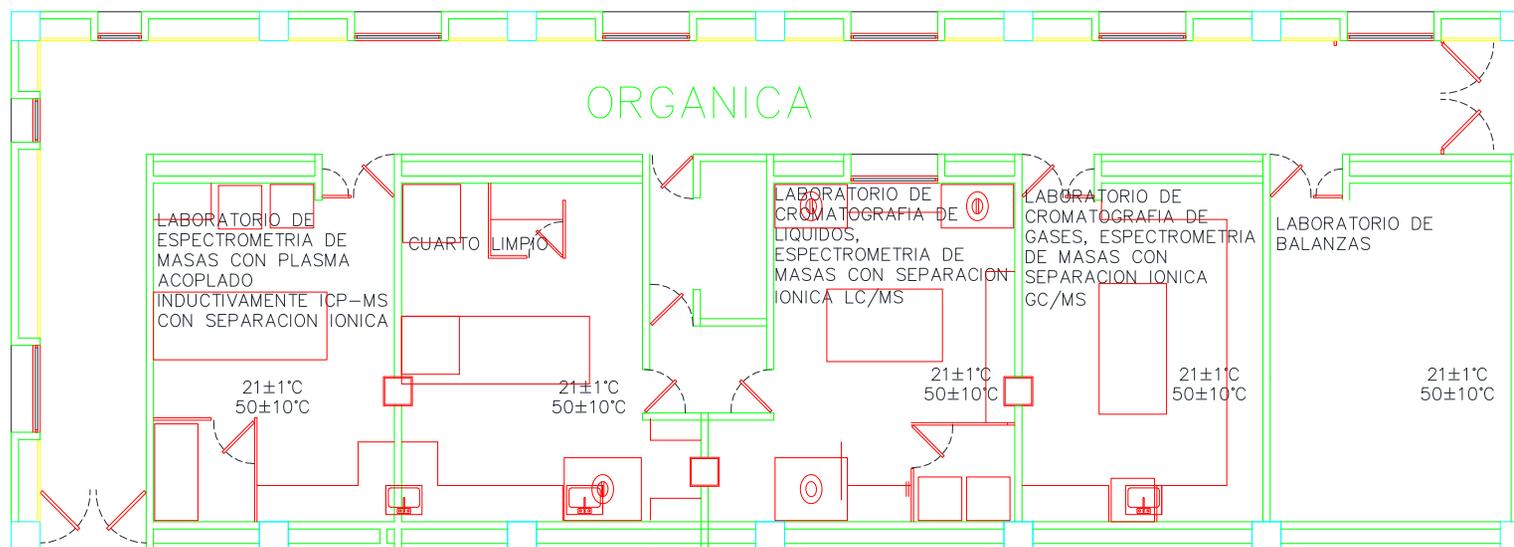
Nombre del laboratorio.	Principales proyectos de investigación en metrología y servicios de calibración	Equipos
E17 Laboratorio de ICP-MS con separación iónica	En este laboratorio se realizarán mediciones de certificaciones químicas y bioquímicas de alta jerarquía metrológica para dar trazabilidad y comparabilidad a los marcadores clínicos en salud, marcadores de identificación de origen de productos nacionales, sustancias tóxicas en alimentos, entre otros; los compuestos a analizar son moléculas orgánicas específicas enlazadas a elementos que permitan su especiación y cuantificación por el método primario de dilución isotópica por ICP-MS, por ejemplo caseína, hemoglobina, cisteína, proteínas marcadoras de cáncer, entre muchos otros. Con la infraestructura que se tiene en los Edificios C y Q, no es factible realizar este tipo de mediciones porque los equipos de ICP-MS no cuentan con la tecnología e interfaces requeridas ni con el personal capacitado para ese tipo de mediciones.	Espectrómetro de masas con plasma acoplado inductivamente ICP-MS con separación iónica.; Campana de extracción de gases (ácidos).;Campana de flujo laminar; Refrigerador /congelador.
E18 Cuarto limpio para preparación de muestras	En este laboratorio se realizarán la preparación de muestras de acuerdo al tipo de medición, esto es una digestión para la medición de elementos en el laboratorio E17, o extracción y limpieza para una medición de un compuesto orgánico en el laboratorio E19, E20 ó en el E22 según sea el caso.	Campana de extracción de gases (3); Balanza analítica (2); 0 g a 200 g y de 0 g a 5 g Sistema de purificación de agua (2); Campana de flujo laminar (2); una clase 1000 y 100; Centrífuga; Horno de microondas; Baños ultra-sónicos (2); Horno para limpieza de material de vidrio Evaporador; Estantes para material de vidrio; Vortex
E19 Laboratorio de cromatografía de líquidos-espectrometría de masas con separación iónica LC/MS	En este laboratorio se realizarán las mediciones de certificaciones químicas y bioquímicas de alta jerarquía metrológica para dar trazabilidad y comparabilidad a marcadores clínicos de salud, marcadores de identificación de origen de productos nacionales, proteínas tóxicas en alimentos, entre otros; los compuestos a analizar son moléculas orgánicas específicas que permiten su cuantificación por el método primario de dilución isotópica por CL-MS, por ejemplo marcadores proteómicos preoperatorios requeridos en la programación de cirugías, proteínas marcadoras de cáncer, marcadores de identificación de origen, entre muchos otros. Con la infraestructura que se tiene en los Edificios C y Q no es factible realizar este tipo de mediciones, porque los equipos de LC-MS no cuentan con la tecnología e interfaces requeridas, adicionalmente no se tiene el personal capacitado para ese tipo de mediciones.	Cromatógrafo de líquidos-espectrómetro de masas con separación iónica; Campana de extracción de gases; Campana de flujo laminar; Densímetro digital; Sistema de filtración para disolventes; Vortex



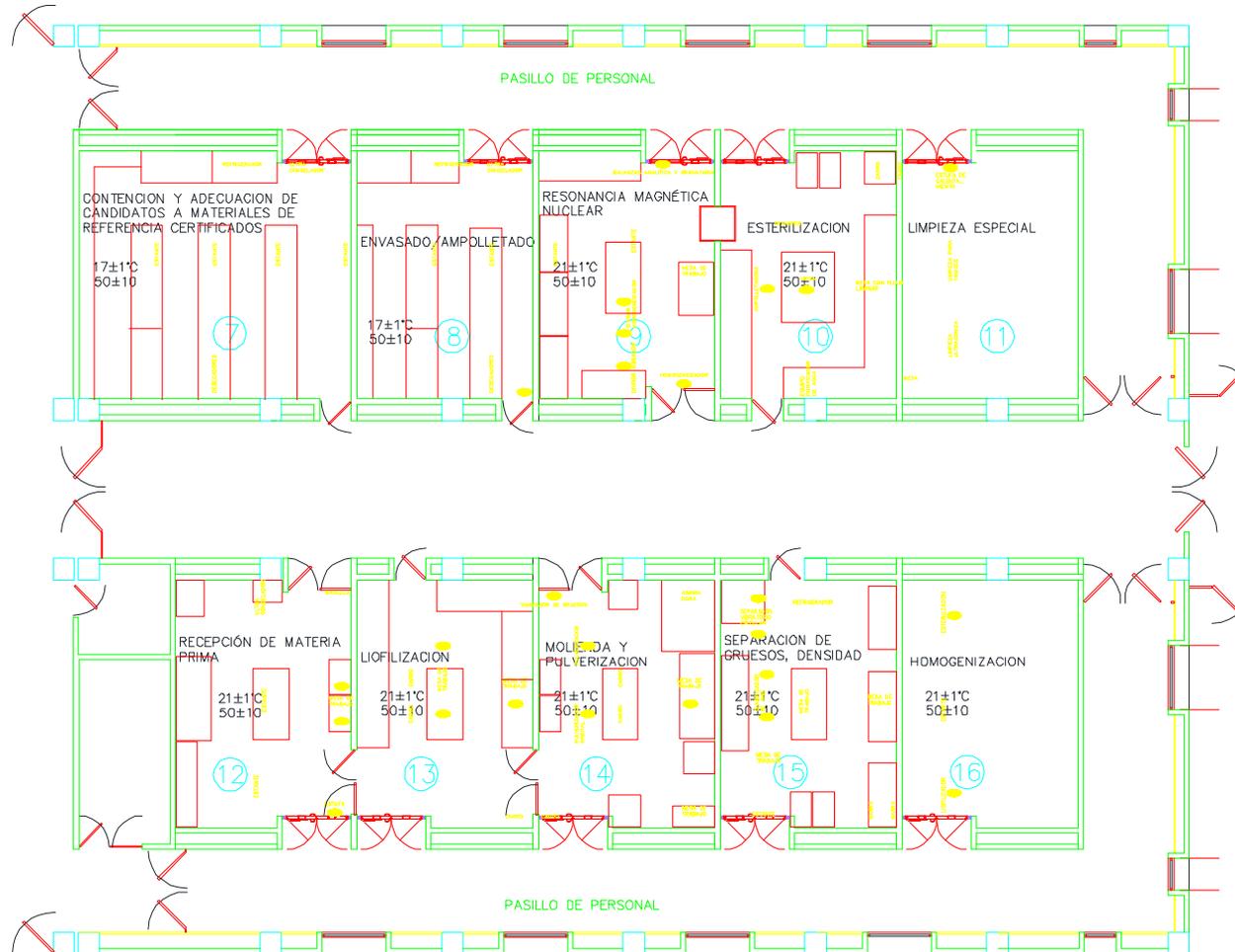
**Libro Blanco:** Construcción y equipamiento de Laboratorios Especiales, Segunda Etapa (Módulos D y E), relacionado con la continuidad de la obra pública para laboratorios de metrología química y nanometrología

Nombre del laboratorio.	Principales proyectos de investigación en metrología y servicios de calibración	Equipos
E20 Laboratorio de cromatografía de gases-espectrometría de masas con separación iónica GC/MS	En este laboratorio se realizarán las mediciones de certificaciones químicas y bioquímicas de alta jerarquía metrológica para dar trazabilidad y comparabilidad a marcadores clínicos en salud, marcadores de identificación de origen de productos nacionales, biotoxinas en alimentos, entre otros; los compuestos a analizar son moléculas orgánicas específicas que permiten su cuantificación por el método primario de dilución isotópica por CG-MS, por ejemplo marcadores proteómicos preoperatorios requeridos en la programación de cirugías, proteínas marcadoras de cáncer, marcadores de identificación de origen, entre muchos otros. Con la infraestructura que se cuenta en los Edificios C y Q no es factible realizar este tipo de mediciones porque los equipos de CG-MS, no cuentan con la tecnología e interfaces requeridas, adicionalmente no se tiene el personal capacitado para ello.	Cromatógrafo de gases-espectrómetro de masas con separación iónica CG/MS. Campana de extracción de gases; Campana de flujo laminar. Sistema de extracción Soxhlet automatizado. Vortex.
E21 Balanzas (preparación gravimétrica)	En este laboratorio se realizará la preparación gravimétrica de disoluciones patrón o de preparación gravimétrica de muestras a ser empleadas, tratadas ó medidas en los laboratorios E17, E18, E19, E20 o E22 según sea el caso o requerimiento.	Balanza analítica (3); 2 de 0 g a 200 g; 1 de 0 g a 400 g; Balanza granataria (1); 0 g a 2 kg; Microbalanza (2); 2 de 0 g a 5 g
D12 Laboratorio de Resonancia Magnética Nuclear	Medición de pureza directa de sustancias químicas de compuestos orgánicos de bajo peso molecular (azúcares, ácido acético, vitaminas, etc.) hasta compuestos orgánicos de alto peso molecular (polipéptidos y proteínas) para disminuir los costos y tiempos de la caracterización de los patrones primarios de sustancias químicas orgánicas puras, mismas que se requieren para dar trazabilidad al sistema internacional de unidades, a las mediciones orgánicas en matrices de alimentos, fluidos biológicos, muestras clínicas, farmacéuticas, ambientales, agrícolas y productos industriales. Actualmente para lograr la caracterización de pureza se hace de manera indirecta, midiendo el contenido de impurezas empleando diferentes equipos, de acuerdo a la impureza a medir, para lo que se requiere mucho tiempo, personal capacitado e inversión.	Espectrómetro de Resonancia Magnética Nuclear con transformada de Fourier

## Módulo E.- Laboratorios de Orgánica



**Módulo D.- Laboratorios de MR de Matriz Natural (Resonancia Magnética Nuclear).**



### Laboratorios para MR de Matriz Natural

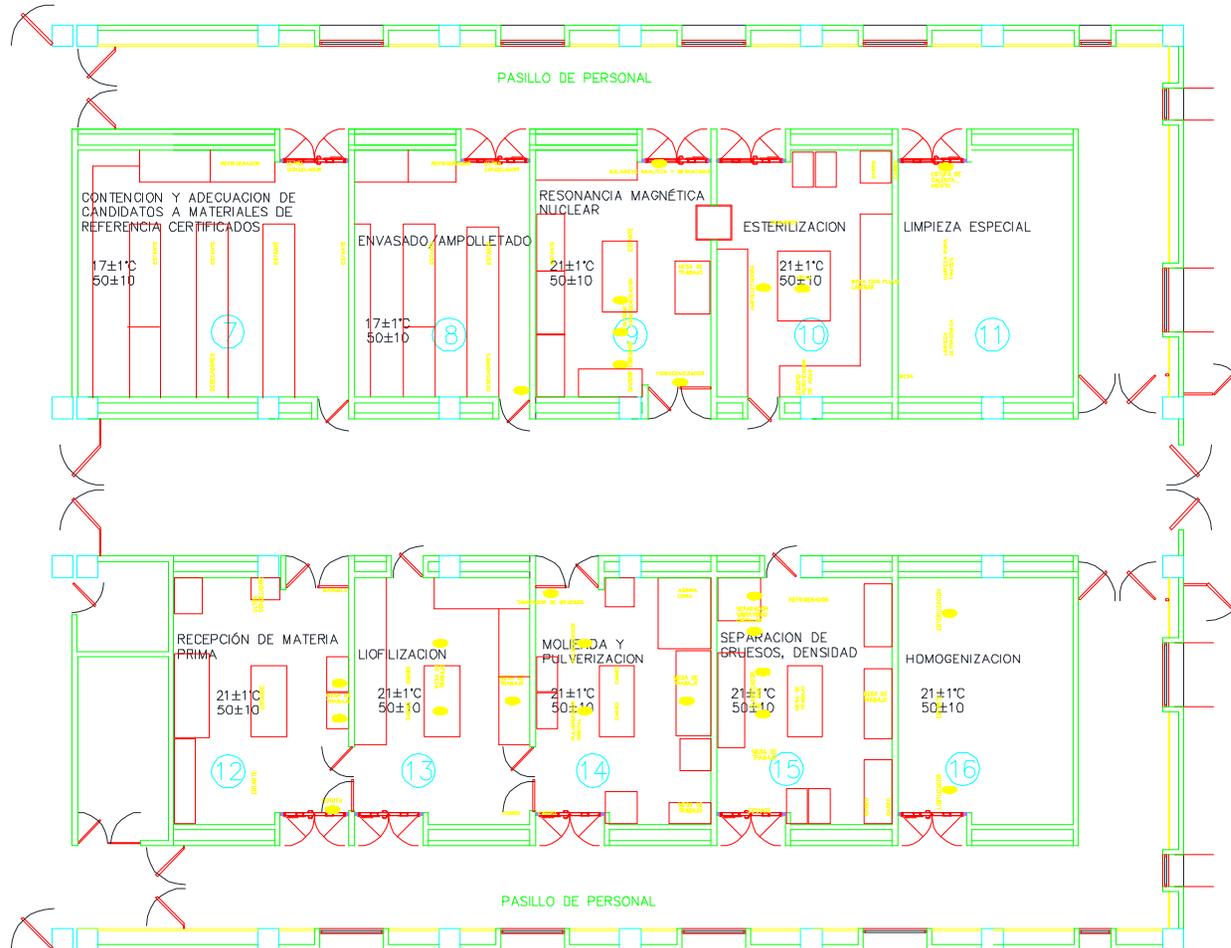
Nombre del laboratorio.	Principales proyectos de investigación en metrología y servicios de calibración	Equipos
D7 Homogenización y envasado	Este laboratorio forma parte de los laboratorios de preparación de MR de matriz natural a niveles de micro constituyentes, los cuales pueden ser inorgánicos y orgánicos, del área de alimentos (En frutas y vegetales, así como en productos cárnicos, productos lácteos, atún, café, productos del mar, entre otras matrices), salud, ambiente, microbiológicos. Este laboratorio servirá para homogeneizar los materiales de referencia obtenidos de la liofilización o de otro proceso de conservación, para tener un MR homogéneo a niveles de mg/kg.	Divisor y vibrador riffing con 8 o 10 divisiones (2). Balanza de mesa de 6200 ± 10 g de resolución. Campana de flujo laminar con luz UV para esterilizar. Llenadora de sólidos semiautomática. Ultracongelador para almacenar las muestras. Máquina de aspiración (Selladora al vacío) (2)
D8 Separación/tamizado de gruesos	Este laboratorio forma parte de los laboratorios de preparación de MR de matriz natural a niveles de microconstituyentes, los cuales pueden ser inorgánicos y orgánicos, del área de alimentos (En frutas y vegetales, así como en productos cárnicos, productos lácteos, atún, café, productos del mar, entre otras matrices), salud, ambiente, microbiológicos. Este laboratorio servirá para separar y tamizar los materiales de referencia obtenidos de la liofilización o de otro proceso de conservación, para tener un MR homogéneo a niveles de mg/kg.	Sistema de extracción de polvos, movable. Tamizador de mesa. Para fracciones pequeñas de muestra, usa tamices de 20 cm de diámetro. Balanza 34 kg ± 100 g.; Equipo de tamizado (tamaño de malla) para clasificar el volumen del material en fracciones, para tamices de 100 cm de diámetro, de 2.0 mm, 1.0 mm, 500 µm, 250 µm, 125 µm y 63 µm. 3 piezas de tamices de cada tipo de 100 cm y de 20 cm.; Equipo de tamizado (tamaño de malla) para clasificar el volumen del material en fracciones, para tamices de 20 cm de diámetro, de 2.0 mm, 1.0 mm, 500 µm, 250 µm, 125 µm y 63 µm. 3 piezas de tamices de cada tipo, de 100 cm y de 20 cm.
D9 Molienda y pulverización	Laboratorio de preparación de MR de matriz natural a niveles de micro constituyentes, puede ser inorgánico y orgánico, del área de alimentos (En frutas y vegetales, así como en productos cárnicos, productos lácteos, atún, café, productos del mar, entre otras matrices), salud, ambiente, microbiológicos. Este laboratorio servirá para realizar la molienda y pulverización de los materiales de referencia obtenidos del proceso de conservación tal como la liofilización o de otro proceso de secado, para lograr tener una distribución de tamaño de partícula adecuada y tener un MR homogéneo a niveles de mg/kg.	Molino de alto impacto, para reducir el tamaño de partícula, por lo menos 500 µm aproximadamente. Molino fino; Molino de discos de desgaste. Molino planetario de bolas. Molino de corte (Cutting mill). Báscula de piso de 25 kg. Sistema de extracción de aire móvil (2). Aspiradora para polvos.
D10 Liofilización de muestras	En este laboratorio se tendrá una liofilizadora de una gran capacidad para poder secar hasta 200 kg por lote, para producir lotes de materiales de referencia de matriz liofilizados o con otro proceso de conservación de más de 1 000 frascos/lote. Estos MR podrán ser productos agrícolas, del área ambiental, de salud, así como para el análisis microbiológico y de nano materiales; todos ellos pueden ser MR inorgánicos y orgánicos.	Liofilizadora (450 L de condensado) y accesorios. Bomba de vacío. Sistema de extracción de aire móvil.
D11 Recepción de la materia prima	En este laboratorio se recibirá la materia prima donde se lavará y se preparará para su posterior procesamiento.	Báscula de piso de 50 kg ± 100 g de resolución. Procesador de alimentos para triturar; Estufa de calentamiento (2); Ultracongeladores para especies; Generador de N <sub>2</sub> Sistema de extracción de aire móvil (2).
D13 Esterilización	En este laboratorio se esterilizarán los MR sólidos y líquidos de matriz natural que lo requieran (MR de alimentos, del área de salud, ambiental, etc.), así como se esterilizará el material de vidrio y todo lo necesario para la preparación de los MR anteriormente descritos.	Estación purificadora de agua sistema Millipore. Limpiador ultrasónico (de dos diferentes tamaño), para la limpieza de tamices de 25 cm y 60 cm.; Estufa y horno con control de temperatura para rápido secado de equipo.; Sistema de extracción de aire móvil.; Lavadora semiautomática de frascos, viales, botellas.; Campana de extracción de disolventes.; Campana de flujo laminar

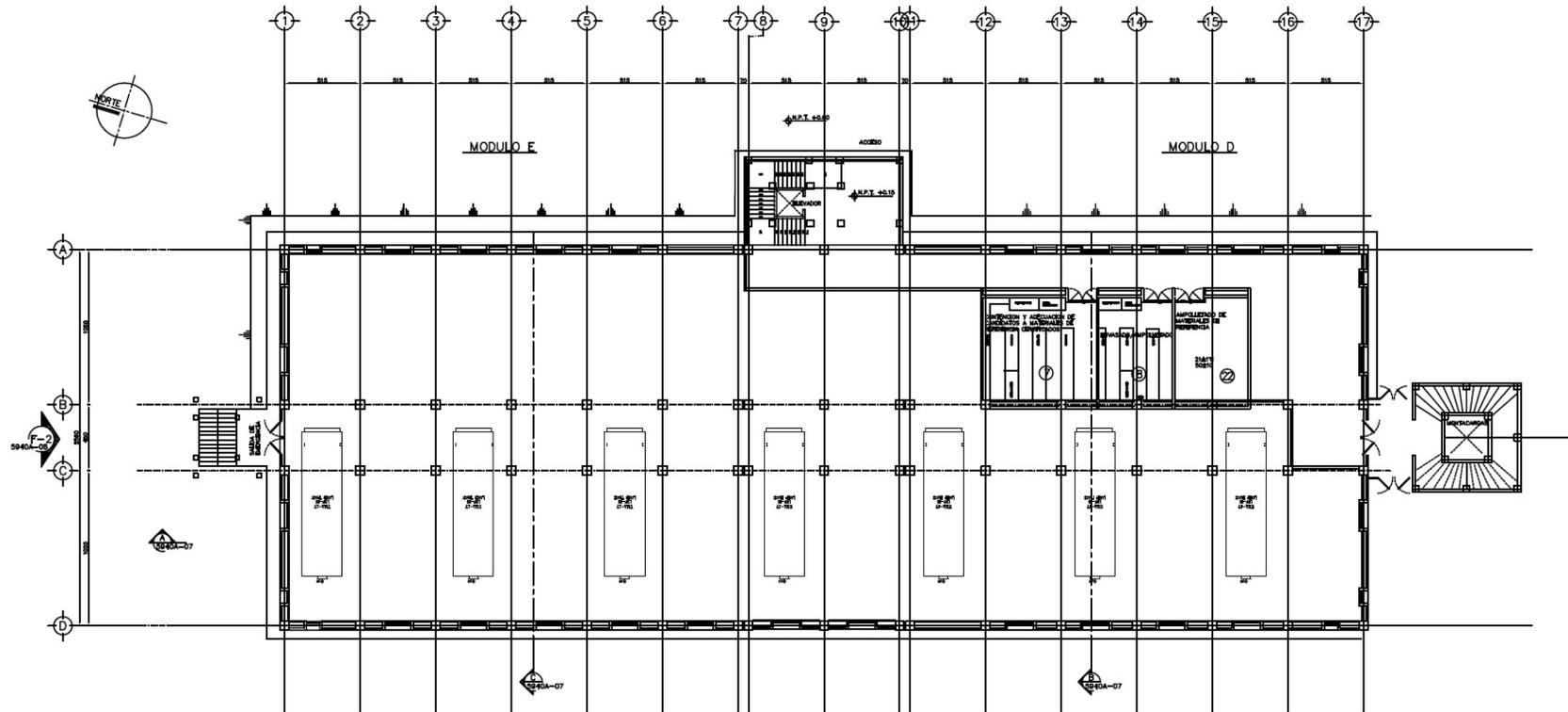


**Libro Blanco:** Construcción y equipamiento de Laboratorios Especiales, Segunda Etapa (Módulos D y E), relacionado con la continuidad de la obra pública para laboratorios de metrología química y nanometrología

Nombre del laboratorio.	Principales proyectos de investigación en metrología y servicios de calibración	Equipos
D14 Limpieza especial	En este laboratorio se podrán lavar todos los utensilios necesarios para liofilizar los materiales de referencia, así como los utensilios que se requieren para esterilizar.	Estación purificadora de agua sistema Millipore para la limpieza final.; Pila o tarja para la limpieza de equipo de gran tamaño; Limpiador ultrasónico (de dos diferentes tamaños), para la limpieza de tamices de 25 cm y 60 cm; Estufa y horno con control de temperatura para rápido secado de equipo. Sistema de extracción de aire móvil; Transfer de materiales tipo ventana entre los laboratorios D7 y D14 (0.5 m X 0.5 m X 0.5 m); Campana de extracción de disolventes; Campana de flujo laminar
D29 Contención de materiales de referencia	Éste será un almacén de los materiales de referencia, tanto orgánicos, como inorgánicos que no son producto terminado, es decir que están todavía en alguna etapa del proceso de preparación (molienda, tamizado, homogeneización o envasado) o medición (falta medir por alguna técnica) y que deben almacenarse para su conservación.	Estación purificadora de agua sistema Millipore. Limpiador ultrasónico (de dos diferentes tamaño), para la limpieza de tamices de 25 cm y 60 cm. Estufa y horno con control de temperatura para rápido secado de equipo; Sistema de extracción de aire móvil; Ultracongelador (2); Refrigerador a -4 °C.
D30 Envasado y ampolletado	En este laboratorio se envasarán los MR sólidos de matriz natural (MR de alimentos, del área de salud, ambiental, etc) y se ampolletarán materiales de referencia biológicos en condiciones estériles.	Estación purificadora de agua sistema Millipore, para la limpieza final; Limpiador ultrasónica (de dos diferentes tamaño), para la limpieza de tamices de 25 cm y 60 cm; Estufa y horno con control de temperatura para rápido secado de equipo. Sistema de extracción de aire móvil; Dos ampolletadoras, una para líquidos y sólidos orgánicos y otra para metales de alta pureza. Cortadora especial de metales puros. TGA; Analizador de humedad Karl Fischer.
D31 Ampolletado de materiales de referencia	En este laboratorio se ampolletarán materiales de referencia biológicos que no necesariamente requieren de condiciones estériles.	

### Módulo D- Laboratorios de MR de matriz natural





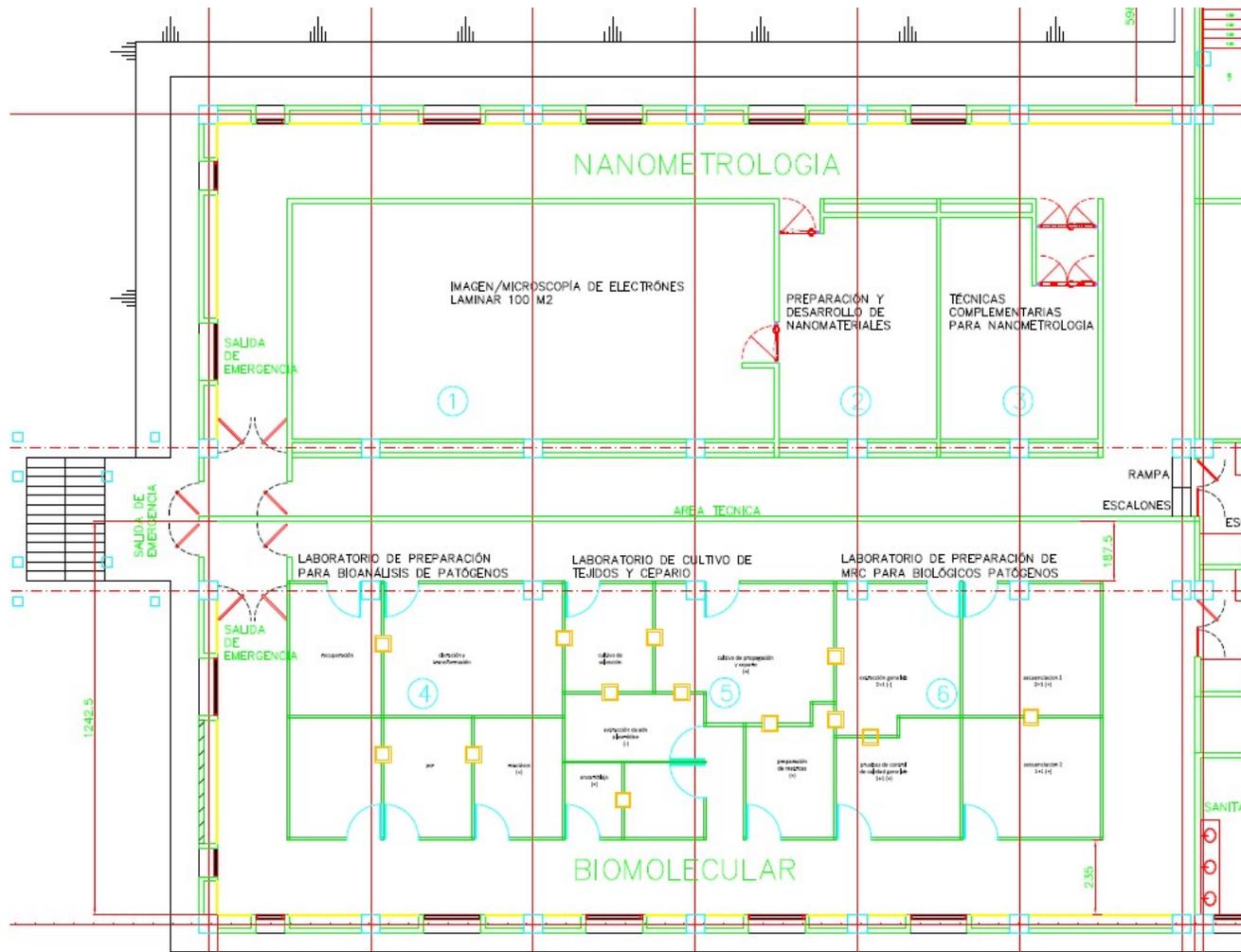


**Libro Blanco:** Construcción y equipamiento de Laboratorios Especiales, Segunda Etapa (Módulos D y E), relacionado con la continuidad de la obra pública para laboratorios de metrología química y nanometrología

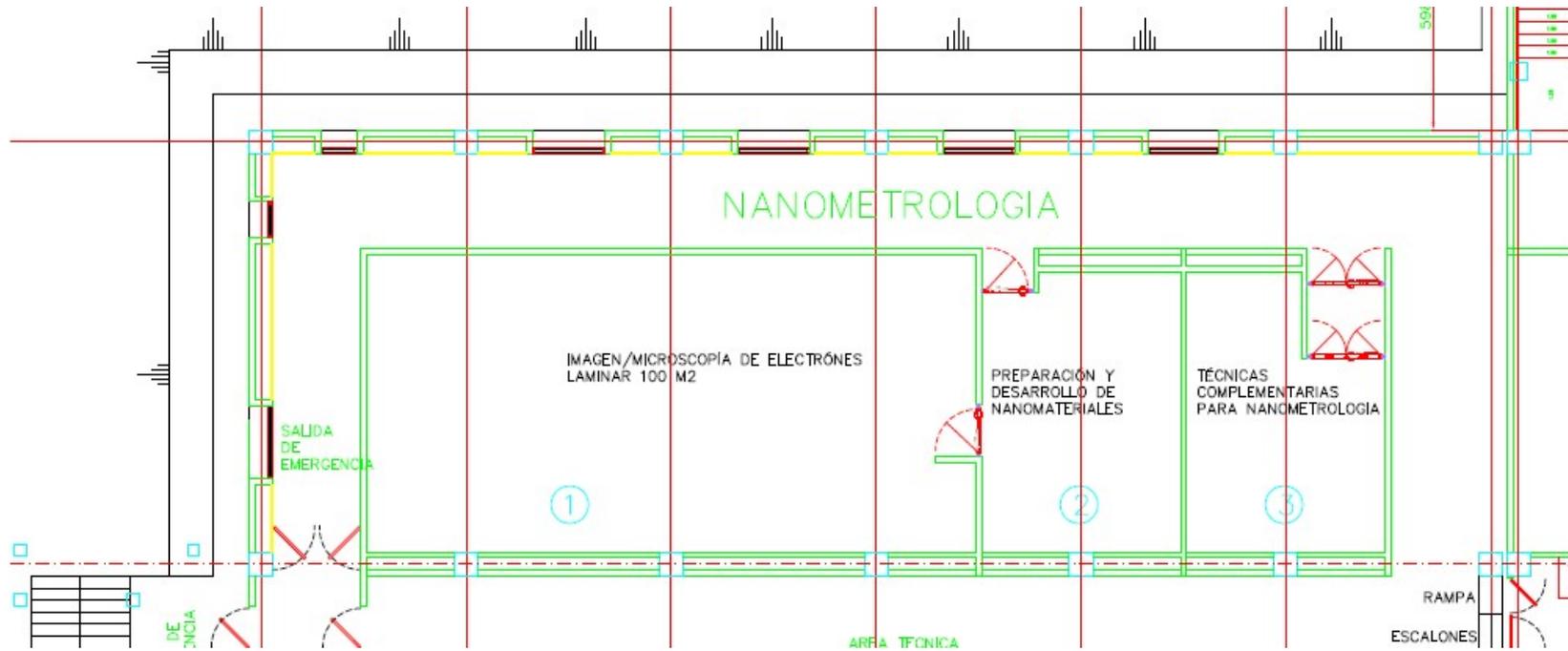
### Planos de los laboratorios-Planta baja

Nombre del laboratorio.	Principales proyectos de investigación en metrología y servicios de calibración	Equipo
E2 Preparación de muestras	En este laboratorio se llevará a cabo la preparación de muestras de nanomateriales, crecimiento y deposición de materiales. Preparación de materiales de referencia.	Limpiador por plasma, sistema para deposición de películas, liofilizadora, disruptor, sistema de ultrafiltración de agua. Laboratorios sellados con ambientes limpios y control de ruido acústico, interferencia electromagnética, vibración y carga térmica.
E3 Técnicas complementarias para nanometrología	Caracterización de nano-objetos, nanoestructuras activas y pasivas.	Difractómetro de rayos-X de alta resolución con plataforma de dispersión de rayos X de ángulo pequeño (XRD), clasificadores de partículas ultrafinas, analizador de movilidad diferencial, fluorescencia de rayos X. ICP-MS, espectrometría de masas de una partícula y para nanoaerosoles, analizadores de carbono orgánico y elemental, Espectroscopia RAMAN, espectroscopia de barrido de electrones Auger. Espectroscopia fotoelectrónica de rayos X, espectroscopia de masas de ión secundario, microscopia confocal.
E1 Imagen/microscopia de electrones	Caracterización de nano-objetos, nanoestructuras activas y pasivas.	Microscopio de transmisión de electrones (TEM), microscopio de barrido de electrones con cañón de emisión de campo (SEM-FE), MALDI-TOF MS, Electroforesis capilar de zona y cromatografía electrocinética micelar, dispositivos microfluídicos, microscopio de sonda de barrido (SPM), fraccionación por flujo de campo acoplado a ICP-MS, resonancia magnética nuclear.

**Planos de los laboratorios-planta baja**



## Módulo E-Nanometrología





**Libro Blanco:** Construcción y equipamiento de Laboratorios Especiales, Segunda Etapa (Módulos D y E), relacionado con la continuidad de la obra pública para laboratorios de metrología química y nanometrología

Nombre del laboratorio	Principales proyectos de investigación en metrología y servicios de calibración	Equipos
E4 Lab. de cultivo de tejidos y cepario	Proceso de transformación genética y clonación de ADN con vectores plásmidos; de crecimiento de microorganismos específicos puros y de multiplicación de microorganismos y conservación de cepas puras, así como para la inactivación y esterilización.	Cuartos de incubación con ambiente controlado de fotoperiodo y temperatura, refrigerador, microscopio óptico, potenciómetro, cámara de baja presión para bombardeo de micropartículas, bomba de vacío y agitadores con incubación. Ultracongelador a -80 °C, refrigerador/congelador, baño de agua a 42 °C, incubadora con agitación, campana de flujo laminar, esterilizador vapor, incubadora, vortex, microscopios, estereoscópico y compuesto, potenciómetro.
E5 Laboratorio de preparación analítica	Química analítica de reactivos; extracción de ADN plasmídico y del ADN genómico y ensamblaje.  Preparación gravimétrica de muestras para análisis y para MRC  PCR, Post PCR.	Refrigerador/congelador, Campana de flujo laminar, microbalanzas, ultracentrífuga refrigerada, vortex, esterilizador, fotodocumentador, cámaras de electroforesis horizontal, fuentes de poder, incubadora, espectrofotómetro nanodrop, agitador magnético/térmico, termociclador punto fina, PCR tiempo real de gradientes de temperatura, dispensador/ filtro de agua grado biología molecular, contenedor nitrógeno líquido.
E6 Laboratorio de acondicionamiento de MRC para biológicos patógenos	Liofilización y envasado  Validación de medios de cultivo  Pruebas de control de calidad Gene Lab	Campana de flujo laminar, centrifuga de secado por vacío, refrigerador/congelador, liofilizadora, incubadora, vortex, espectrofotómetro nanodrop, secuenciador capilar Sanger, secuenciador masivo Ion Torrent, fluorómetro Qubit, TapeStation, Servidor informático.

### Módulo E-Biometrología

