



**UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL**  
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO  
CENTRO DE FORMACIÓN PEDAGÓGICA Y TECNOLOGÍA EDUCATIVA  
MAESTRÍA EN ENTORNOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE

**PROYECTO DE INTERVENCIÓN**

***“TÉCNICAS BÁSICAS DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL”***  
**EN MODALIDAD VIRTUAL**

**PREPARADO POR:**  
ARLETTE JIMÉNEZ SILVA

**TUTOR DEL PROYECTO:**  
MARIELA DELAURO

AÑO 2018

## ÍNDICE

RESUMEN TÉCNICO .....	4
PROPUESTA DEL PROYECTO .....	5
1. EL PROBLEMA .....	6
1.1. El Problema.....	6
1.2. Justificación.....	6
1.3. Contexto del problema .....	7
2. PROSPECTIVA .....	8
3. PROPUESTA PEDAGÓGICA.....	8
4. OBJETIVOS.....	11
4.1. Objetivo General .....	11
4.2. Objetivos específicos .....	11
5. RESULTADOS ESPERADOS .....	11
6. ASPECTOS OPERATIVOS .....	12
6.1. Administración.....	12
6.2. Aprendizaje y Tecnologías .....	13
6.3. Tutoría.....	14
6.4. Materiales Didácticos .....	15
7. EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO .....	17
7.1. Momentos de evaluación del proyecto.....	17
7.2. Indicadores.....	18
8. CRONOGRAMA .....	19
9. PRESUPUESTO.....	20
10. BIBLIOGRAFÍA .....	20
DESARROLLO DEL PROYECTO.....	22
1. Nombre del curso: TÉCNICAS BÁSICAS DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL.....	23
2. Selección y justificación de las herramientas tecnológicas: .....	23
3. Planificación de las clases.....	24
4. Redacción de las clases.....	34
5. Captura de las clases.....	42

DOCUMENTOS ELABORADOS.....	49
Guía DIDÁCTICA.....	50
Módulo #3: Espectrometría de absorción atómica .....	58
Componentes del AA 240FS.....	73
Inicio de operación AA 240FS.....	79
Ejecución de métodos.....	83
Curvas de Calibración y Ejecución de métodos.....	88
CONCLUSIONES.....	93

## RESUMEN TÉCNICO

La investigación es uno de los pilares de los centros educativos universitarios. Según el Plan Institucional de Desarrollo Estratégico 2011-2021 de la Universidad Técnica Nacional, una de sus misiones es “brindar una educación integral en el marco de la moderna sociedad del conocimiento, centrando su acción académica en el área científica, técnica y tecnológica, en la investigación de alta calidad y en la innovación como elemento fundamental para el desarrollo humano con responsabilidad ambiental, en articulación con los sectores productivos de la sociedad”.

En el área de las ciencias muchas de las investigaciones deben utilizar tecnologías que por su alto precio no están disponibles en todos los centros de investigación, y en el caso de la UTN en las diferentes sedes.

Este proyecto pretende diseñar e implementar un curso virtual “**Técnicas Básicas de Análisis Instrumental**”, que permitirá a los investigadores en las diferentes áreas científicas de la Universidad Técnica Nacional (UTN), acceder a equipo y técnicas de análisis instrumental para la determinación cualitativa y cuantitativa de diferentes muestras.

En este curso se cubrirán los aspectos teóricos de las técnicas espectrofotométricas y de cromatografía más utilizadas en la investigación. Tendrán acceso a espectrofotometría de absorción atómica y ultravioleta visible, cromatografía de gases y cromatografía de alto rendimiento (HPLC). Además, se presentarán los procedimientos de uso de los equipos instalados en el Laboratorio de Investigación en Química y Biociencias Aplicadas ubicado en Alajuela, con el propósito de que puedan utilizar el equipo en forma más eficiente en la parte práctica de la capacitación.

La aplicación de estas tecnologías en las diferentes investigaciones de la UTN permitirá el ahorro de los costos externos de análisis y generará experiencia analítica en los investigadores.

# **PROPUESTA DEL PROYECTO**

## **1. EL PROBLEMA**

### **1.1. El Problema**

Los investigadores de la Universidad Técnica Nacional necesitan obtener conocimientos teóricos y prácticos en las diferentes técnicas de análisis químico instrumental para aprovechar los equipos de este tipo ubicados en el Laboratorio Químico de Administración Universitaria y minimizar el impacto en el presupuesto universitario de contrataciones externas.

El proyecto estará dirigido a los investigadores, en su mayoría docentes profesionales de las carreras científicas de la Universidad, que están integrados a la actividad normal de la Universidad por lo que su disponibilidad de tiempo es limitada. Por esta razón, se propone realizar un curso virtual donde se aborden los conceptos teóricos y prepararlos para la segunda parte del proyecto que sería la práctica de laboratorio.

Por lo tanto, la propuesta es un curso virtual de “Técnicas Básicas de Análisis Instrumental”. Esta metodología resuelve el problema de falta de tiempo de los investigadores y su necesidad de actualizar conocimientos para poder realizar sus análisis y obtener resultados más confiables en sus investigaciones. Desde el punto pedagógico, se les dará la oportunidad a los investigadores de poder utilizar en forma más eficiente los equipos analíticos y además promover la investigación y la publicación de resultados.

Por parte del Laboratorio Químico se cuenta con todo el respaldo técnico para el desarrollo del proyecto, desde la parte teórica hasta la manipulación del equipo para producir material gráfico que permita mejorar el proceso de aprendizaje por parte de los estudiantes.

### **1.2. Justificación**

En el 2014, la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Técnica Nacional planteó el proyecto del Sistema Integrado de Laboratorios para apoyar a los proyectos de investigación. Como parte de este proyecto se coordinó la integración del Laboratorio Químico en Administración Universitaria a ese sistema y ofrecer los

servicios de análisis químico a los investigadores con proyectos en curso y a los futuros investigadores.

Una de las técnicas más utilizadas en los laboratorios químicos de análisis es el Análisis Instrumental. Esta técnica consiste en realizar diferentes análisis utilizando equipo especializado. En el Laboratorio Químico se cuenta con un espectrofotómetro de absorción atómica, espectrofotómetro UV-VIS, cromatógrafo de gases y HPLC.

En este momento el problema lo tienen los docentes investigadores que por falta de capacitación y de instalaciones deben recurrir a contratar los servicios externos de los análisis. Esta situación provoca una falta de control sobre los resultados de los análisis, ya que no tienen control sobre los procedimientos usados y además, estas contrataciones tienen un alto costo influyendo negativamente en el presupuesto de los proyectos.

Para que los investigadores puedan utilizar estos equipos y realizar sus análisis, es necesario que cuenten con los conocimientos teóricos y prácticos necesarios. La primera etapa de este proyecto es realizar un curso teórico de las técnicas de análisis y luego un curso práctico de laboratorio.

### **1.3. Contexto del problema**

El proyecto estará dirigido a los investigadores actuales y a los futuros estudiantes de los programas de Posgrados (Maestrías y Doctorados) que como parte de sus estudios deben realizar investigaciones y tesis orientadas a las áreas científicas.

Los docentes que serán involucrados en el proyecto pertenecen a las siguientes áreas: Agronomía, Recurso Hídrico, Gestión Ambiental y Tecnología de Alimentos. Este curso no existe y no pertenece a una carrera sino sería la respuesta de la Vicerrectoría de Investigación y la Dirección del Sistema Integrado de Laboratorio a una carencia de conocimientos y habilidades en los investigadores.

Estos docentes son adultos con un grado académico mínimo de bachiller universitario, algunos con posgrados y de edades entre 25 a 55 años. Algunos de estos investigadores han tenido experiencia con la educación virtual y todos por ser

funcionarios de la Universidad tienen acceso a la plataforma virtual utilizando la red institucional.

## **2. PROSPECTIVA**

El escenario ideal para el problema es la disposición de tiempo completo por parte de los investigadores para realizar una capacitación teórica y práctica. Esta disposición sería de tiempo completo para estudiar los conceptos y luego aplicarlos en la parte práctica. Al no contar con esa disposición de tiempo y dado que los investigadores están separados geográficamente, el uso de la educación virtual es una herramienta apropiada para este tipo de capacitación. En el futuro sería ideal incluir la tecnología de video conferencia para ejemplificar en tiempo real la aplicación de cada técnica de análisis instrumental. Además, se podría implementar la virtualidad a nivel móvil y aprovechar los diferentes dispositivos tipos teléfonos inteligentes y tabletas.

En este momento la institución cuenta con la tecnología de vídeo conferencia, pero no se podría implementar en el Laboratorio. Por lo tanto, para nuestro escenario probable se podría promover la adquisición de equipo portátil e implementar vídeo conferencia portátil. En caso de que no se cuente con esa tecnología, como escenario alternativo se podría coordinar con las unidades técnicas correspondientes para la creación y edición de vídeos que ejemplifiquen el uso de estas técnicas.

En un futuro se podría utilizar otra tecnología en la plataforma virtual que sea más amigable con la tecnología móvil, ya que en este momento la plataforma se puede utilizar, pero no en forma completa.

## **3. PROPUESTA PEDAGÓGICA**

La propuesta es presentar un curso teórico aprovechando los diferentes multimedios para ejemplificar en la forma más práctica posible, los conceptos teóricos y el uso de los equipos de análisis.

El modelo educativo de la UTN establece que:



“Para el tránsito hacia nuevos paradigmas, la UTN complementa los enfoques en educación (Ausubel, 1968; Ausubel, Novak y Hanesian, 1982; Bruner, 1960; Piaget, 1980; Skinner, 1974), con el paradigma de la complejidad (Morin, 1990). Asume el pensamiento complejo (O'Connor y Mcdermott, 1998) y la visión holística como método para la comprensión del mundo, la biopedagogía como enfoque de mediación y la ecoformación como estrategia educativa (Gutiérrez y Pardo, 2000)” (Comisión Modelo Educativo UTN, 2016)

Concordante con este modelo, el curso se enfocará en un modelo constructivista, tomando la perspectiva de Piaget, Vigotsky y Ausubel. Se buscará construir un nuevo conocimiento a partir de los conocimientos propios de los estudiantes; se promoverá la interacción entre ellos y sus diversas profesiones y de esta forma promover un aprendizaje significativo y la obtención de una competencia que le permita a cada estudiante generar mejoras en sus proyectos de investigación. Además, se buscará promover la colaboración entre ellos y promover el concepto de comunidad de aprendizaje y llevarlo a comunidad de investigación.

Una de las competencias importantes de todo investigador es la habilidad de solucionar problemas. Muchas veces los estudiantes están “llenos” de conocimientos, pero no saben qué hacer con ese conocimiento y menos cómo usarlos para solucionar un problema. Los estudiantes meta del curso tienen una particularidad, son de diversas ramas de la ciencia, específicamente: Biólogos, Agrónomos, Ingenieros Químicos, Químicos, Tecnólogos de Alimentos, Veterinarios, Ingenieros Electromecánicos, entre otros y, además, son investigadores. Esta diversidad de conocimientos permitirá que la comunidad de aprendizaje, que se formará en el curso, comparta la aplicación del conocimiento de cada estudiante en diversas aplicaciones, ya sea industriales o de investigación pura.

El curso pretenderá formar investigadores que exploten los tres saberes: saber, saber hacer y saber ser; y cuyas competencias puedan transformar el conocimiento científico en investigaciones que logren proponer proyectos de aplicación ya sea en

la industria o en emprendimientos que mejoren la calidad de vida de la comunidad a la que pertenecen.

La propuesta es contar con un investigador que como menciona Rodas-Chamorro, (2010) “sepa hacer y transformar con el conocimiento científico, que sepa extraer propuestas, no sólo técnicas sino también de progreso científico; un profesional flexible y trascendente, con capacidad no sólo para adaptarse a un mundo tecnologizado y cambiante, sino además, para ser promotor de cambios con una visión y una identidad propia y, sobre todo, que sepa autoeducarse durante toda su vida”.

En cada etapa del curso, los estudiantes serán los encargados de construir su conocimiento a través del estudio de los materiales disponibles en cada módulo. Una vez que se haya realizado este estudio, los estudiantes diseñarán mapas conceptuales para clarificar los conocimientos teóricos y mediante la realización virtual y práctica de los análisis y la discusión de los resultados se adquirirá la competencia en la técnica y se construirá el conocimiento para su aplicación posterior.

Se les habilitará espacios de discusión para intercambiar, no solo conocimientos sino experiencias que ayuden a la formación más integral de cada investigador. En cada módulo se planteará un caso a ser analizado, cuyo producto final sea una propuesta integral, tomando en cuenta el punto de vista de cada estudiante, de solución a la situación planteada.

Además, cada investigador tomará el conocimiento adquirido y lo plasmará en una propuesta de proyecto, relacionado con su área de investigación. De esta forma, llevará de la teoría a la práctica los conocimientos construidos. Esta propuesta de proyecto será además presentada a la comunidad y se abrirá un foro de discusión con el objetivo de que los otros investigadores aporten, desde su área de experiencia, recomendaciones para la mejora de los proyectos.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. Objetivo General

Diseñar e implementar en el entorno virtual de la UTN el curso “**Técnicas Básicas de Análisis Instrumental**”, que permitirá a los investigadores en las diferentes áreas científicas de la UTN, desarrollar y aplicar protocolos de análisis cualitativo y cuantitativo utilizando diferentes técnicas del Análisis Instrumental (espectrofotometría de absorción atómica y ultravioleta visible, cromatografía de gases y cromatografía de alto rendimiento); y utilizar los resultados de estos protocolos en sus proyectos de investigación y futuras publicaciones.

### 4.2. Objetivos específicos

- a. Solicitar a la unidad correspondiente el espacio en la plataforma virtual para la implementación del curso.
- b. Implementar los elementos diseñados del curso “Técnicas Básicas de Análisis Instrumental” en la plataforma Moodle de la UTN.
- c. Utilizar diferentes herramientas de colaboración (foros, wiki, google docs), para construir conocimiento a través de la interacción entre los investigadores.
- d. Utilizar herramientas multimedia como vídeos y animaciones para ejemplificar el uso de cada equipo analítico.
- e. Elaborar guías de estudio de las diferentes técnicas utilizando esquemas (diagramas de flujo, mapas conceptuales) que faciliten su entendimiento.
- f. Aprovechar las ventajas de Exelearning y Moodle para la elaboración de los materiales y actividades del curso.
- g. Definir una guía a utilizar por el tutor del curso para estandarizar las diferentes actividades.
- h. Demostrar las diferentes formas de crear Entornos Personales de Aprendizaje para promover su utilización entre los investigadores.

## 5. RESULTADOS ESPERADOS

Al finalizar este curso la Universidad Técnica Nacional contará con investigadores y estudiantes de posgrados con las competencias necesarias, a nivel teórico y

práctico, para utilizar los equipos instrumentales de análisis (tales como espectrofotómetros UV-VIS, Absorción Atómica, Cromatógrafos de gas y líquidos entre otros) con el objetivo de utilizarlos en el desarrollo de sus investigaciones.

En este momento la Vicerrectoría de Investigación cuenta con alrededor de 30 investigadores, la mayoría docentes que se inician en la tarea de investigación. El objetivo inicial de este proyecto sería capacitar a estos 30 investigadores que ya están realizando alguna investigación. El objetivo a mediano plazo sería capacitar a cada investigador que inicie una investigación relacionada con el área de las ciencias, ya sea un docente o un estudiante de licenciatura o posgrado.

El proyecto involucraría al coordinador del Sistema Integrado de Laboratorios de Investigación y a personal de la Vicerrectoría de Investigación.

El propósito inicial es realizar una prueba piloto con estudiantes del Programa Técnico Laboralista Químico y luego con investigadores de la Sede Central localizada en Alajuela, esto por su cercanía geográfica con el Laboratorio. En esta prueba piloto se evaluará cada una de las herramientas utilizadas en el curso, midiendo su calidad, utilidad y efecto.

Además, se implementará una sección del curso para intercambiar información del curso presencial "*Laboratorio de Análisis Instrumental*".

Se evaluará la participación en cada actividad y además se llevará a cabo evaluaciones, tipo examen, con el propósito de evaluar el conocimiento de las técnicas estudiadas y los cálculos a realizar.

## **6. ASPECTOS OPERATIVOS**

### **6.1. Administración**

Como se mencionó anteriormente, el Centro de Formación Pedagógica y Tecnología Educativa y su personal en el área de Tecnología Educativa y Producción de Recursos Didácticos, son los responsables de la administración de la plataforma virtual de la UTN.

El procedimiento definido para el uso de esta plataforma es:

- a. Presentación a la Vicerrectoría de Docencia y a la Dirección del área de Tecnología Educativa el proyecto del curso virtual.

- b. Una vez aprobado el proyecto, la Unidad de Tecnología Educativa, habilitará un espacio para el curso en la plataforma Moodle de la Universidad.
- c. Al finalizar el diseño del curso, se deben definir las fechas de inicio y finalización, así como los nombres de los participantes, para que los encargados de la plataforma los incluyan y habiliten el curso
- d. Al finalizar el curso se debe hacer un análisis del curso y planificar las diferentes mejoras.
- e. El curso será promovido a través de la Vicerrectoría de Investigación; se espera que una vez que las pruebas pilotos sean aprobadas, el curso será un requisito en los procesos de investigación de la Universidad que involucre alguna de estas técnicas de análisis.
- f. La promoción del curso o invitación a cursarlo se realizará por el correo institucional. A través de un formulario de Google se realiza la matrícula de los estudiantes definiendo un máximo de 20 estudiantes por curso. Dado que se espera contar con una parte práctica presencial, los grupos no pueden ser mayores. Esta parte práctica se realizará en subgrupos de 10 personas, dada las limitaciones de espacio en el Laboratorio Químico.
- g. Respalda el curso actual para implementar las mejoras.

## **6.2. Aprendizaje y Tecnologías**

Curso teórico: virtual

Laboratorio: presencial con algo de virtualidad

En este momento la Universidad y su área de educación virtual en el Centro de Formación Profesional escogieron la plataforma Moodle como plataforma a utilizar en la virtualidad.

Las diferentes prácticas (mapa de prácticas) que se pretenden definir son:

- a. E-Clase a través de textos, gráficos y vídeos.

- b. Lecturas de material científico relacionado con los diferentes análisis utilizando archivos descargables y en pdf.
- c. Demostración mediante vídeos o animaciones de la utilización de los diferentes equipos de análisis.
- d. Investigación en diferentes fuentes para la producción de artículos publicables y para la creación de un EduBlog en forma colaborativa que analizará las diferentes técnicas de análisis estudiadas en el curso y tendrá un estilo tipo revista de investigación.
- e. Diálogo guiado a través de foros de discusión.
- f. Debate/Discusión de temas controvertidos mediante un foro de discusión.
- g. Quiz: los estudiantes deberán responder un conjunto de preguntas para verificar si los conocimientos fueron adquiridos.
- h. Estudio de caso: Construcción de documentos colaborativos, específicamente para el reporte de resultados de los análisis.
- i. Indagación: Creación de un marcador social que permite almacenar, clasificar y compartir diferentes enlaces relacionados con los temas cubiertos en el curso teórico y en el práctico.
- j. Lluvia de ideas: Estudiar la posibilidad de utilizar a Twitter cómo una herramienta de comunicación entre los investigadores y generación de una lluvia de ideas entre ellos.

### **6.3. Tutoría**

En la etapa de prueba piloto y del primer curso el tutor será el mismo docente que diseñó el curso. Luego se analizará la posibilidad de capacitar a algún profesional que haya llevado el curso para que realice tareas de tutoría.

Por ser un curso muy especializado, el tutor debe contar con los conocimientos de química, cómputo, matemáticas y de uso del equipo de análisis. Por esta razón la mejor opción para la tutoría es un docente profesional en el área de ciencias.

Una vez terminado la prueba piloto, se capacitará a los futuros tutores en el uso de la herramienta y en los contenidos del curso. Los tutores serán los encargados de habilitar las clases, coordinar los foros y dirigir las actividades ya definidas en la prueba piloto. En esta primera etapa, los tutores no definirán nuevas actividades o redactarán algún documento adicional. Se propondrá un espacio de retroalimentación entre el diseñador del curso y los tutores con el propósito de evaluar oportunidades de mejora al curso. Los tutores harán propuestas de nuevas herramientas, o modificación de las guías con el objetivo de mantener un proceso de mejora continua, basado en las experiencias generadas por los tutores.

#### **6.4. Materiales Didácticos**

Se diseñarán materiales didácticos originales incorporando diversas herramientas gráficas como mapas conceptuales, vídeos, gráficas o diagramas de flujo, realidad aumentada y 3D; que permitan la transmisión más rápida del conocimiento. En estos materiales se harán referencias a libros y manuales de uso de los equipos, pero se prepararán instructivos propios.

Estos materiales estarán clasificados por técnica de análisis: espectrofotometría UV-VIS, espectrofotometría absorción atómica, cromatografía líquida y cromatografía de gas.

Un proyecto que podría integrarse a mediano plazo será la publicación de un e-book con los materiales didácticos del curso y todos los materiales gráficos producidos para el curso.

El curso estará dividido por módulos, en cada módulo se abarcará todo lo relacionado con una técnica de análisis. Cada módulo estará compuesto por las siguientes clases:

- Clase #1: Aspectos teóricos de la técnica de análisis
- Clase #2: Uso general del equipo dónde se aplicará la técnica, aspectos operativos tanto del equipo como del software.
- Clase #3: Implementación de un protocolo de análisis modelo
- Clase #4: Análisis de resultados

- Clase #5: Aplicación de la técnica de análisis: en esta clase se trabajarán propuestas de mini investigación, tipo proyecto.

Cada clase contará con los siguientes materiales didácticos:

- Guía Didáctica: donde se presenta los objetivos de la clase, contenidos, cronograma de actividades y la forma de evaluación.
- Vídeos teóricos: se utilizarán vídeos para presentar en una forma más gráfica los conceptos a estudiar.
- Vídeos prácticos: se mostrarán situaciones reales del uso de los equipos y su operación.
- Materiales de estudio:
  - Documento pdf con los conceptos teóricos de cada módulo. En este documento incluir imágenes y accesos a diferentes fuentes de información.
  - Artículos científicos de temas relacionados con la técnica de análisis, ya sea desde el punto de vista teórico o que presenten diferentes investigaciones realizadas con la técnica de estudio.
  - Instructivo de uso del equipo
  - Instructivo del uso del software
  - Procedimiento de análisis en prosa (siguiendo el formato estándar de procedimientos de análisis del Laboratorio Químico)
  - Procedimiento de análisis en diagrama de flujo
  - Formatos estándar de reporte de resultados
- Foros de consulta
- Mapas conceptuales creados por los estudiantes para verificar el nivel de comprensión de los temas teóricos.
- Evaluación corta tipo quiz de los conceptos estudiados
- Foros de análisis tipo caso, dónde se planteen diferentes situaciones reales, de diferentes especialidades, y el estudiante proponga posibles soluciones al problema o situación planteada. El propósito final de este



foro es presentar una solución final, definida por la comunidad, a la situación planteada.

- Actividades colaborativas para la construcción de reportes de resultados siguiendo los formatos establecidos
- Foro de discusión y análisis de resultados.
- Foro de presentación de propuesta de proyecto de investigación

## **7. EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO**

### **7.1. Momentos de evaluación del proyecto**

#### **7.1.1. Inicio**

Lo primero que se evaluará son los objetivos y el programa de cada uno de los módulos propuestos. Estos objetivos y programas se presentarán para su evaluación al Coordinador de Laboratorios de Investigación y responsable del Laboratorio Químico. Una vez que el profesional encargado apruebe los objetivos y el programa se procederá con el diseño de los materiales didácticos y su implementación en la plataforma.

#### **7.1.2. Desarrollo**

Cada uno de los materiales didácticos desarrollados serán revisados por el diseñador y el docente encargado de impartir el curso en forma presencial. Los recursos teóricos serán revisados para confirmar que contengan todos los conceptos necesarios para la ejecución de la parte práctica. Los vídeos, instructivos, diagramas de flujo serán probados en forma presencial y práctica por el diseñador del curso y por el docente que comparte la capacitación en forma presencial.

#### **7.1.3. Final**

Una vez finalizado el proyecto se habilitará el aula virtual y se realizará una prueba piloto con el grupo que está cursando el curso presencial: Análisis Instrumental que pertenece al Programa Técnico Laboratorista Químico. En esta prueba piloto se analizarán aspectos de diseño, facilidad de uso y idoneidad de los materiales didácticos. Una vez finalizada esta prueba

piloto se procederá a la puesta en marcha del curso para los investigadores de la UTN.

## **7.2. Indicadores**

### **7.2.1. Modelo Pedagógico**

- a. Coherencia entre los objetivos de la Vicerrectoría de Investigación y los del curso.
- b. Coherencia del programa con los objetivos del curso.
- c. Definición del modelo educativo, específicamente qué, cómo donde, por qué medios, cuándo y cuánto enseñar y evaluar.
- d. Incluir en el modelo la justificación de la tecnología adoptada según el modelo de educación virtual definido en la UTN.
- e. El modelo propuesto esté orientado al aprendizaje cooperativo y constructivo.
- f. Explicación detallada de la carga horaria total, las necesidades de estudio, aprendizaje e investigación.

### **7.2.2. Prácticas de aprendizaje y Tecnologías**

- a. Generación de espacios virtuales para que interactúen los participantes del proceso educativo.
- b. Garantía de altos grados de interactividad (alumnos-materiales-tecnología) y de interacción (docentes-alumnos-alumnos) utilizando tecnologías acordes al modelo pedagógico.
- c. Capacitación permanente a los docentes y tutores.
- d. Administración y operación de las tecnologías.
- e. Desarrollo de estrategias para evitar el plagio.

### **7.2.3. Materiales didácticos**

- a. Grado de utilización de los materiales didácticos.
- a. Diseño y producción de materiales didácticos que podrán ser impresos.
- b. Diseño y producción de materiales audiovisuales.
- c. Mecanismos de actualización y mejoramiento de los materiales didácticos.
- d. Validación de los materiales didácticos a través de pruebas piloto.

### **7.2.4. Tutoría**

- a. Definición de número mínimo de horas-tutoría
- b. Definición de funciones del tutor.
- c. Verificación del cumplimiento de las funciones del tutor.
- d. Definición de las formas de interacción entre los alumnos y el tutor.

#### **7.2.5. Administración**

- a. Garantía, por parte de la Institución, del soporte tecnológico para la ejecución del curso, incluyendo alumnos, docentes y tutores.
- b. Definición de los diferentes roles docentes: autores, tutores, asesores.
- c. Descripción de infraestructura y equipamiento disponible para los cursos.
- d. Disponibilidad de espacios virtuales para la interacción entre alumnos-docentes.

## **8. CRONOGRAMA**

Las actividades y la duración son:

Presentación de la propuesta a la Directora de Tecnología Educativa del Centro de Formación Pedagógica y Tecnología Educativa: 4 semanas  
Asignación de espacio en servidor: 4 semanas  
Definición detallada de contenidos: 4 semanas  
Preparación de material didáctico: 12 semanas  
Preparación de material audiovisual: 12 semanas  
Preparación de clases virtuales en plataforma Moodle: 13 semanas  
Promoción: 3 semanas  
Registro de estudiantes: 2 semanas

## Gráfica de Gantt

Actividades	SEMANAS																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Presentación propuesta a Centro de Formación Pedagógica y Tecnología Educativa	■	■	■	■																								
Asignación de espacio en servidor					■	■	■	■																				
Definición detallada de contenidos	■	■	■	■																								
Preparación de material didáctico					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Preparación de material audiovisual					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Preparación de clases virtuales en plataforma Moodle																	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Promoción																										■	■	■
Registro de estudiantes																											■	■
Inicio de curso																												■

### 9. PRESUPUESTO

Se necesitará al menos una persona a medio tiempo para el proceso de diseño de los objetos audiovisuales que se utilizarán en el curso; se utilizarán herramientas informáticas libres para el desarrollo de estos objetos audiovisuales.

Un cuarto de tiempo de un especialista en análisis químico instrumental para la revisión de los diferentes contenidos del curso.

Espacio en la plataforma virtual de la UTN.

Cámara digital para la grabación de medios audiovisuales

Computador personal para el desarrollo del curso.

La unidad a cargo de proyecto cuenta con equipo de cómputo y cámara digital para el diseño de los objetos audiovisuales.

Consumibles de los equipos a utilizar, específicamente gases: Acetileno para AA con un costo de 250 000 colones, Helio para cromatógrafo de gases con un costo de 150 000 colones. Este tipo de consumibles se encuentran presupuestados en los gastos del Laboratorio por lo que el proyecto no necesita presupuestarlos.

### 10. BIBLIOGRAFÍA

Agilent Technologies Australia. (2015). Flame Atomic Absorption Spectrometry Analytical Methods. Victoria, Australia: Agilent Technologies Australia.

Agilent Technologies Australia. (2016). Agilent 240/280 Series AA (including Zeeman) User's Guide. Malaysia: Agilent Technologies Australia [M] Pty.

- Alvarado, A., & Barquero, M. (2008). Análisis Químico Instrumental. San José, C.R.: Editoria UCR.
- Bermejo, R., & Moreno, A. (2014). Análisis Instrumental. Madrid, España: Editorial Sintesis.
- Brown, T., LeMay, H., Murphy, C., Bursten, B. y Woodward, P. (2014). Química La Ciencia Central. México: Pearson Educación.
- Comisión Modelo Educativo. (2016). Modelo Educativo de la Universidad Técnica Nacional. Alajuela, Costa Rica
- PerkinElmer Lambda 45 UV/VIS Spectrometer User Manual.
- PerkinElmer 3300 Atomic Absorption Spectrometer User Manual.
- Rodas-Chamorro, L. e. (2010). Aproximación al Estado del Arte sobre el Diseño Curricular por competencias. Grupo de Investigación Pedagogía y Didáctica: Proyecto Rediseño Curricular por Competencias. UCO, 11-28.
- Shimadzu Gas Chromatograph User Manual.
- Skoog, A., Holler, F. y Nieman, T. (2001). Principios de Análisis Instrumental. España: Mc. Graw Hill.
- Thermo Scientific UHPLC User Manual.

# **DESARROLLO DEL PROYECTO**

## 1. Nombre del curso: TÉCNICAS BÁSICAS DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL

### 2. Selección y justificación de las herramientas tecnológicas:

La plataforma a utilizar es Moodle. ¿Por qué Moodle? Porque es la herramienta escogida por el Centro de Formación Pedagógica y Tecnología Educativa para la plataforma de cursos virtuales de la Universidad Técnica Nacional, y el curso estará disponible para los investigadores de la Universidad a través de esta plataforma.

Moodle es una plataforma muy utilizada principalmente porque es libre y no está controlada por un proveedor o por una licencia, lo que permite que los usuarios puedan personalizarlo según sus necesidades. Esta plataforma permite de una forma amigable crear un curso que puede ser informativo o que puede ser un curso que pertenezca a una carrera o a una actividad evaluable. Una ventaja de Moodle es que permite incluir otras herramientas a través de los paquetes SCORM; este tipo de flexibilidad permite que se incluyan aplicaciones u otros objetos programados en otros medios, por ejemplo, java scripts. Además, permite a través de plugins, incorporar diferentes actividades que lo convierte en una herramienta muy flexible.

Esta flexibilidad es lo que hace que Moodle sea una herramienta que se puede utilizar para el diseño e implementación de cursos de diferentes temas.

En general se mantendrán los siguientes bloques en el curso:

- a. Navegación
- b. Últimas noticias
- c. Calendario
- d. Próximos eventos
- e. Búsqueda

Según la estructura planteada para el curso, 5 clases por módulo, se usarán las siguientes herramientas:

- a. Foros de discusión con los siguientes temas:
  - a. Dudas
  - b. Presentación de propuesta de proyecto de investigación
  - c. Discusión de temas relacionados con cada clase, tipo casos
  - d. Análisis de resultados de cada módulo, en este foro se discutirán los resultados obtenidos y las conclusiones

generadas a partir de los resultados, las posibles fuentes de error y mejoras a los métodos.

- b. Se utilizará la herramienta Wiki para la incorporación de los Mapas conceptuales creados por los estudiantes. Esta herramienta también les mostrará la posibilidad de crear conocimientos para sus colegas o estudiantes.
- c. Evaluaciones de diferente tipo, por ejemplo: quiz, choice, exelarning, workshops, para evaluar los conceptos estudiados. Habrá un control de calificaciones con sus porcentajes asociados ya que el curso es un curso evaluado (de aprovechamiento).
- d. Se usará la herramienta de glosario para crear un glosario de términos en forma colaborativa con el propósito de tener un acceso rápido a términos técnicos.
- e. Se habilitará el servicio de correo interno, ya sea para la comunicación entre los tutores y los estudiantes o entre los estudiantes.
- f. Tareas: Para la entrega de diferentes trabajos o tareas.
- g. Actividades colaborativas para la construcción de reportes de resultados siguiendo los formatos establecidos a través de google docs.
- h. Java scripts o html a través de la inclusión de paquetes Scorm
- i. Página: En forma de pestañas para la incorporación del material de cada semana
- j. Noticias: a nivel de bloque donde se publicarán los avisos recientes o trabajos por entregar.

### **3. Planificación de las clases**

#### **Núcleos o conceptos principales del módulo**

Módulo #3: Espectrofotometría de Absorción Atómica: En este módulo se analizarán todos los aspectos relacionados con la técnica analítica “Espectrofotometría de Absorción Atómica” con el propósito de determinar cuantitativamente los siguientes metales en diversas muestras: Sodio, Potasio, Calcio, Hierro, Cobre, Cadmio, Cromo, Boro, Magnesio, Níquel, Cobalto, Estaño, Zinc, Molibdeno, Arsénico, Mercurio, Selenio y Plomo. Se abordará la temática de la siguiente forma



- Conceptos generales de espectrometría de Absorción Atómica
- Uso de un espectrómetro de Absorción Atómica Agilent modelo 240FS, aspectos operativos del equipo y del software
- Implementación de un protocolo de análisis modelo de un metal por espectrometría de Absorción

**Clase 1:** Conceptos Generales de Espectrometría de Absorción Atómica

a. **Objetivo de la clase:** Comprender los principios básicos de la técnica de espectrometría de absorción atómica

b. **Contenidos de la clase:**

1. Conceptos básicos de espectrometría de emisión y de absorción
2. Componentes de un EAA:
  - a. Sistema de atomización
  - b. Fuentes de calor
  - c. Generador de hidruros
  - d. Fuentes de radiación
  - e. Monocromador y detector
3. Funcionamiento de los diferentes componentes
  - a. Nebulizador
  - b. Control de la llama
  - c. Generador de hidruros
  - d. Lámparas de cátodo hueco

c. **Bibliografía**

1. Obligatoria:

Jimenez, A. (2018). MÓDULO #3: ESPECTROFOTOMETRÍA ABSORCIÓN ATÓMICA. San José, CR: Universidad Técnica Nacional

2. Complementaria:

Pérez, G. (n.d.). Espectrometría de absorción atómica. Disponible en ESPECTROMETRIA .COM:

[https://www.espectrometria.com/espectrometra de absorcin atmic  
a](https://www.espectrometria.com/espectrometra_de_absorcin_atmica)

Agilent Technologies. (Mar de 2016). The Fundamentals of Spectroscopy: Theory. Australia. Obtenido de Agilent:

<https://www.agilent.com/>. Disponible en:

[https://drive.google.com/file/d/1M1wsKzAC33CnJwQ9nzVkv01JXY  
MAdtHV/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1M1wsKzAC33CnJwQ9nzVkv01JXYMAdtHV/view?usp=sharing)

**d. Recursos multimedia:**

1. Foto y firma del docente: este recurso de usará en las tres clases
  - a. Descripción: Foto del docente con el propósito de tener un contacto más cercano con los estudiantes
  - b. URL:  
[https://photos.google.com/u/1/share/AF1QipNIHdyzf480lq3LErO\\_hT4Jcy6lZ0udC4BVNE8f9rW5F\\_qS3FdamEm0K26s3NrSA/photo/AF1QipNue4QwAlc9ipXoqnZHGvIGnGHxVzAfXjq01rQ3?key=bWI3WFO5SzVXRktwdVNtemhBaGJON05DSi12X3V3](https://photos.google.com/u/1/share/AF1QipNIHdyzf480lq3LErO_hT4Jcy6lZ0udC4BVNE8f9rW5F_qS3FdamEm0K26s3NrSA/photo/AF1QipNue4QwAlc9ipXoqnZHGvIGnGHxVzAfXjq01rQ3?key=bWI3WFO5SzVXRktwdVNtemhBaGJON05DSi12X3V3)
2. Carpeta:
  - a. Descripción: simulación de todo el proceso de la espectrometría de absorción atómica y las partes principales del espectrómetro de absorción atómica
  - b. URL:  
<https://drive.google.com/file/d/1dKPFv7R9tUW-OQ5vW8XYXoNv8CpDwoRX/view?usp=sharing>  
<https://drive.google.com/file/d/1mXAlI9Hsk1m5GpB7WKhNeMQ5j99CtJ8N/view?usp=sharing>
3. Vídeos:
  - a. Descripción: Vídeo demostrativo del análisis de detección de plomo, donde se puede observar un espectrofotómetro de absorción atómica en funcionamiento.
  - b. URL: <https://youtu.be/d7EEfDuPEZk>

c. Descripción: Vídeo demostrativo del procedimiento de colocación de lámparas de cátodo hueco.

d. URL: <https://youtu.be/mHB9nuyQVx4>

4. Imágenes:

e. Descripción: Imágenes de los diferentes componentes de un espectrómetro de absorción atómica

f. URL: <https://photos.app.goo.gl/marSKUAQIzxOLu8B2>

e. **Actividades:** En esta clase se realizarán las siguientes actividades:

1. Crucigrama

**Consigna:** De forma individual cada estudiante resolverá un crucigrama dónde se relacionan términos con conceptos de la espectrometría de absorción atómica.

**Objetivo de la actividad:** Relacionar fácilmente los términos con los conceptos correspondientes.

**Evaluación:** El criterio a evaluar es la concordancia del término con el concepto correspondiente.

**Plazo:** 30 minutos

2. Mapa conceptual

**Consigna:** De forma individual cada estudiante diseñará un mapa conceptual gráfico (utilizando las imágenes disponibles en la carpeta imágenes) dónde se expliquen los conceptos básicos de la espectrometría de absorción atómica.

**Objetivo de la actividad:** Presentar de una forma gráfica, a través de un mapa conceptual, una síntesis de los conceptos generales de la clase.

**Evaluación:** Los criterios a evaluar serán:

- Claridad en los conceptos y enlaces
- Cumpla con el orden jerárquico correspondiente
- Inclusión de todos los conceptos presentados en la clase
- Creatividad en el momento de manipulación de las imágenes

**Plazo:** 24 horas.

3. **Glosario:**

**Consigna:** De forma individual cada estudiante agregará una palabra y su significado al glosario del curso

**Objetivo de la actividad:** Construir un glosario de términos que pueda ser accesado durante todo el curso.

**Evaluación:** Se evaluará la adición de una palabra por estudiante. Esta actividad no tiene porcentaje asignado, pero será obligatoria para acceder la siguiente clase.

**Plazo:** Duración total del módulo #3.

f. **Foro:**

**Consigna:** La resonancia magnética nuclear (RMN), espectrometría infrarroja, espectrofluorimetría y espectroscopia Raman son diferentes técnicas de análisis. Mediante los conceptos estudiados discutir las diferencias de estas y sus áreas de aplicación.

**Objetivo:** Aplicar los conceptos adquiridos para estudiar los diferentes tipos de análisis espectrométricos.

**Plazo** de participación en el foro: 1 semana

**Evaluación:** Se evaluará la utilización de términos científicos y referencias científicas en cada participación. La calificación de este foro corresponde al 5% del total de Foros de este módulo.

**Clase 2:** Aspectos operativos del hardware y software de un AA Agilent 240FS

a. **Objetivo de la clase:** Explicar los conceptos básicos de operación del hardware y del software para realizar un análisis cuantitativo de metales a través de a técnica de espectrometría de absorción atómica.

b. **Contenidos de la clase:**

1. Operación del Agilent aa 240FS
  - a. Arranque del equipo
  - b. Chequeo previo al análisis

- i. Sistema de extracción
  - ii. Presión de los Gases
2. Inicialización del software SpectrAA
3. Creación de métodos de análisis
4. Ejecución de métodos de análisis
5. Reporte de resultados

### c. Bibliografía

1. Obligatoria:

Jimenez, A. (2018). MÓDULO #3: ESPECTROFOTOMETRÍA ABSORCIÓN ATÓMICA. San José, CR: Universidad Técnica Nacional

2. Complementaria:

Pérez, G. (n.d.). Espectrometría de absorción atómica. Disponible en ESPECTROMETRIA .COM:

[https://www.espectrometria.com/espectrometra\\_de\\_absorcio\\_n\\_atmica](https://www.espectrometria.com/espectrometra_de_absorcio_n_atmica)

Agilent Technologies Australia. (2016). Agilent 240/280 Series AA (including Zeeman) User's Guide. Malaysia: Agilent Technologies Australia [M] Pty. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1xOTaM1FHWpAIQNWTHqZy5ZbColEUf9R9/view?usp=sharing>

### d. Recursos multimedia:

1. Presentación:

- a. Descripción: Presentación tipo powerpoint de la secuencia de pasos para la creación de un método de análisis

- b. URL: <https://www.slideshare.net/arlettejimenezsilva/creacion-metodos>

5. Vídeos:

g. Descripción: Vídeo demostrativo del procedimiento para optimizar la señal a través del ajuste del quemador.

h. URL: <https://youtu.be/l4TVtkMxraU>

2. Imágenes:

a. Descripción: Carpeta con imágenes de los diferentes componentes de un espectrómetro de absorción atómica y de los procesos del software.

b. URL: <https://photos.app.goo.gl/marSKUAQIzxOLu8B2>

c.

e. **Actividades**

1. Cuestionario #1

**Consigna:** De forma individual cada estudiante resolverá el cuestionario de selección única donde debe identificar en una imagen cada parte del espectrómetro AA.

**Objetivo de la actividad:** Señalar las partes del espectrómetro Agilent AA 240FS en la imagen proporcionada.

**Evaluación:** Se evaluará la selección de la opción correcta. Se tomará en cuenta la calificación más alta en 2 intentos.

**Plazo:** 30 minutos

2. Diagrama de flujo

**Consigna:** En grupos de 2 personas se creará un diagrama de flujo gráfico (utilizando las imágenes disponibles en la carpeta imágenes) donde se explique el procedimiento para la determinación cuantitativa de Cobre en una muestra de Té negro utilizando la técnica de espectrometría de absorción atómica.

**Objetivo de la actividad:** Presentar un instructivo del proceso de análisis cuantitativo de un metal en una muestra a través de una herramienta gráfica como es un diagrama de flujo.

**Evaluación:** Los criterios a evaluar son:

- Uso correcto del diagrama de flujo
- Inclusión de los pasos necesarios para realizar el análisis

- Creatividad en el momento de manipulación de las imágenes

**Plazo:** 48 horas.

3. Glosario:

**Consigna:** De forma individual cada estudiante agregará una palabra y su significado al glosario del curso

**Objetivo de la actividad:** Construir un glosario de términos que pueda ser accesado durante todo el curso.

**Evaluación:** Se evaluará la adición de una palabra por estudiante. Esta actividad no tiene porcentaje asignado, pero será obligatoria para acceder la siguiente clase.

**Plazo:** Duración total del módulo #3.

g. Foro:

**Consigna:** Cada estudiante deberá escoger un metal y realizar en forma individual una investigación presentando técnicas analíticas para la determinación de ese metal en diferentes muestras.

**Objetivo:** Reconocer diferentes técnicas para el análisis de metales dependiendo de la cantidad presente en la muestra

**Plazo:** 1 semana

**Clase 3:** Implementación de un protocolo de análisis modelo

a. **Objetivo de la clase:** Diseñar e implementar (en forma presencial) un método de análisis de cobre en una muestra de Té negro.

b.

c. **Contenidos de la clase:**

1. Preparación de estándares para curva de calibración
2. Preparación de muestra a analizar
3. Cálculo de concentraciones de patrones de la curva de calibración
4. Definición de parámetros del método de análisis
5. Implementación del método en el SpectrAA
6. Ejecución del método de análisis
7. Reporte de resultados

#### d. Bibliografía

1. Obligatoria:

Jimenez, A. (2018). MÓDULO #3: ESPECTROFOTOMETRÍA ABSORCIÓN ATÓMICA. San José, CR: Universidad Técnica Nacional

2. Complementaria:

Pérez, G. (n.d.). Espectrometría de absorción atómica. Disponible en ESPECTROMETRIA .COM:

[https://www.espectrometria.com/espectrometra\\_de\\_absorcin\\_atmica](https://www.espectrometria.com/espectrometra_de_absorcin_atmica)

Agilent Technologies Australia. (2016). Agilent 240/280 Series AA (including Zeeman) User's Guide. Malaysia: Agilent Technologies Australia [M] Pty. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1xOTaM1FHWpAIQNWTHqZy5ZbColEUf9R9/view?usp=sharing>

#### e. Recursos multimedia:

1. URL:

a. Descripción: Página web del NIST (National Institute of Standards and Technology)

b. URL: <https://www.nist.gov/>

2. Vídeo:

a. Descripción: Preparación de disoluciones

URL: <https://youtu.be/3afiLc3CxjQ>

URL: [https://youtu.be/5RrhXLT\\_upk](https://youtu.be/5RrhXLT_upk)

#### f. Actividades

1. Presentación

**Consigna:** Cada grupo preparará una presentación del procedimiento realizado en forma presencial dónde se implementó el protocolo modelo.



**Objetivo de la actividad:** Presentar en forma gráfica el proceso realizado en forma presencial del análisis cuantitativo de una muestra de Cobre utilizando el espectrómetro Agilent 240FS.

**Evaluación:** Los criterios a evaluar son:

- Inclusión de los pasos necesarios para la realización del análisis
- Creatividad
- Coeficiente de correlación de la curva de calibración sea mayor o igual a 0,995

**Plazo:** 72 horas

2. Glosario:

**Consigna:** De forma individual cada estudiante agregará una palabra y su significado al glosario del curso

**Objetivo de la actividad:** Construir un glosario de términos que pueda ser accesado durante todo el curso.

**Evaluación:** Se evaluará la adición de una palabra por estudiante. Esta actividad no tiene porcentaje asignado, pero será obligatoria para acceder la siguiente clase.

**Plazo:** Una semana.

g. Foro:

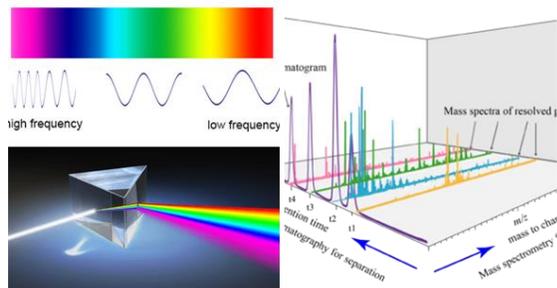
**Consigna:** Cada grupo presentará sus resultados del análisis y discutirá los resultados de otro grupo, tomando en cuenta los coeficientes de correlación y el % de Cobre reportado. Además, individualmente deberán comentar acerca del uso del cobre en este producto incluyendo al menos una fuente bibliográfica.

**Objetivo:** Comentar las diferentes oportunidades de mejora del método y analizar los resultados y las conclusiones definidas a partir del análisis de resultados.

**Plazo:** 1 semana

## 4. Redacción de las clases

### Clase #1



## Conceptos Generales de Espectrometría de Absorción Atómica



Arlette Jiménez

## Bienvenidos

A la clase #1 del módulo #3 donde estudiaremos los conceptos generales de la técnica espectrométrica llamada Espectrometría de Absorción Atómica.

El objetivo de esta primera clase es que comprendamos los principios básicos de la técnica y además logremos identificar cada componente del equipo y su funcionamiento.

Para iniciar la clase deben leer de la página #1 a la página #11 del material MÓDULO #3: ESPECTROFOTOMETRÍA ABSORCIÓN ATÓMICA que se encuentra en la sección Archivos de esta clase.

Una vez que hayan leído el material pueden reforzar sus conocimientos ejecutando una simulación donde se muestra, en forma gráfica, la operación general del equipo. La dirección para acceder esta simulación es:

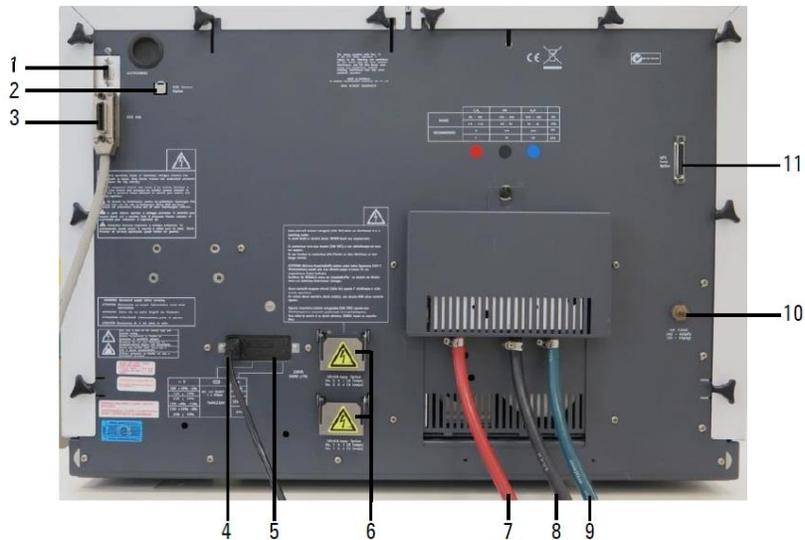
<https://drive.google.com/open?id=1dKPFv7R9tUW-OQ5vW8XYXoNv8CpDWOX>.

Deben tomar en cuenta que esta simulación es un java script y el navegador debe permitir su ejecución. Chrome naturalmente lo ejecuta y Microsoft Edge también. Una vez que tenemos claro los conceptos generales de la técnica debemos examinar cada uno de los componentes del equipo.

Les presento el equipo que es el protagonista de esta técnica y que vamos a utilizar en el Laboratorio Químico, el espectrómetro Agilent modelo 240FS:



- |  |   |
|--|---|
| <b>1</b> Protector de la llama             | <b>7</b> Botón de encendido de la llama             |
| <b>2</b> Palanca controladora del quemador | <b>8</b> Luz de estado                              |
| <b>3</b> Ajustador de altura del quemador  | <b>9</b> Botón de arranque                          |
| <b>4</b> Nebulizador y ajuste de flujo     | <b>10</b> Cámara de atomización y trampa de líquido |
| <b>5</b> Ajuste de la perla de impacto     | <b>11</b> Compartimiento de las lámparas            |
| <b>6</b> Botón de apagado de la llama      | (puede ser de cuatro u ocho lámparas)               |



- |   |  |
|---|--|
| <b>1</b> Puerto serial para accesorio           | <b>7</b> Alimentación de C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> |
| <b>2</b> Puerto para cámara USB                 | <b>8</b> Alimentación de aire                          |
| <b>3</b> Puerto para IEEE 488                   | <b>9</b> Alimentación de N <sub>2</sub> O              |
| <b>4</b> Alimentación eléctrica                 | <b>10</b> Puerto de purga de aire                      |
| <b>5</b> Caja de fusibles                       | <b>11</b> Puerto de bomba opcional de SIPS             |
| <b>6</b> Puertos opcionales para lámpara UltrAA |  |

Para estudiar el detalle de cada componente vamos a recorrer la lección “Componentes del AA 240FS”. Y una vez terminada la lectura de la lección podrán observar un vídeo que contiene un [análisis real del elemento Plomo](#) utilizando la técnica que estamos estudiando.

## Actividades

### 1. CRUCIGRAMA

Cada uno de ustedes resolverá un crucigrama dónde se relacionan términos con conceptos de la espectrometría de absorción atómica. Para esta actividad tienen 30 minutos y se permiten 2 intentos. Esta actividad tiene un valor de 10% de la calificación del módulo

## 2. MAPA CONCEPTUAL:

En la carpeta de imágenes CONCEPTOS, tienen disponibles una serie de imágenes que reflejan los conceptos de la técnica de Absorción Atómica. Cada uno diseñará un mapa conceptual gráfico (utilizando las imágenes disponibles en la carpeta) dónde se expliquen los conceptos básicos de la espectrometría de absorción atómica.

El mapa conceptual debe ser nombrado apellido-nombre-mapaconceptual y debe ser una imagen con formato jpeg. Esta imagen debe ser ingresada a través de la actividad Mapa Conceptual.

Esta actividad será evaluada según la rúbrica "Mapa Conceptual" en la carpeta de Rúbricas.

## 3. GLOSARIO:

Durante toda la duración del módulo deberán ingresar al menos una (1) palabra al glosario con su correspondiente significado.

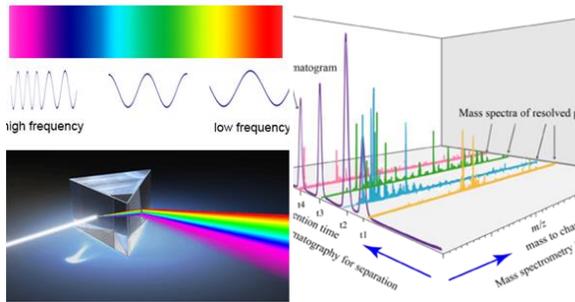
## Foro

El primer foro estará disponible durante la duración de la clase y el objetivo es comentar, a través de un estudio bibliográfico, sobre diferentes técnicas de análisis espectrométrico diferentes a la de Absorción Atómica.

Nos vemos y a iniciar la diversión



## Clase #2



# Aspectos Operativos del Hardware y Software de un AA Agilent 240FS



Arlette Jiménez

## Bienvenidos

El objetivo de esta segunda clase es que ustedes conozcan los conceptos básicos de operación del hardware y del software para que puedan realizar un análisis cuantitativo de metales a través de la técnica de espectrometría de absorción atómica.

Para iniciar la operación del Agilent 240FS es necesario seguir una serie de pasos que vienen descritos en la lección “Componentes del AA Agilent 240FS” de esta clase.

Una vez que hayan revisado la lección deberán ser capaces de reconocer cada uno de los componentes del Hardware.

Para la manipulación del Software SpectrAA es necesario que revisen la siguiente presentación: [Creación de Métodos](#) y la lección de “Ejecución de métodos” de la sección de lecciones. Ídem anterior, debe estar incrustada

Se recomienda la lectura de:

1. Agilent Technologies Australia. (2016). Agilent 240/280 Series AA (including Zeeman) User's Guide. Malaysia: Agilent Technologies Australia [M] Pty. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1xOTaM1FHWpAIQNWTHqZy5ZbColEUf9R9/view?usp=sharing>

# Actividades

## 1. CUESTIONARIO

De forma individual cada estudiante resolverá el cuestionario de selección única donde debe identificar en una imagen cada parte del espectrómetro AA y del SpectraAA.

## 2. DIAGRAMA DE FLUJO:

En grupos de 2 personas se creará un diagrama de flujo gráfico (utilizando las imágenes disponibles en la carpeta imágenes) donde se explique el procedimiento para la determinación cuantitativa de Cobre en una muestra de Té negro utilizando la técnica de espectrometría de absorción atómica.

Los datos para el análisis son los siguientes:

1. Preparar una solución patrón de Cu de 1000 ppm a partir de  $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  y  $\text{HNO}_3$  6,0 M. Debe calcular la concentración exacta de este patrón.
2. Preparar una solución de trabajo de 100 ppm a partir de la solución patrón.
3. Preparar estándares de 0,1,2,3 y 4 ppm de Cu a partir de la solución de trabajo
4. Prepare la muestra llevando a cenizas 5 g de muestra y disueltas con  $\text{HNO}_3$  6,0 M.
5. Lleve la muestra a un balón aforado de 50 mL, afore y filtre para usar en el AA.

Los grupos serán conformados por el tutor, en el transcurso de la semana se les indicará los grupos y las personas que lo conforman. Una vez que los grupos sean conformados, cada pareja debe definir un nombre para el grupo y enviarlo por correo electrónico al tutor junto con el nombre completo de cada integrante de grupo.

El mapa conceptual debe ser nombrado nombre grupo-diagrama y debe ser una imagen con formato jpeg. Esta imagen debe ser ingresada a través de la actividad

Diagrama de flujo y será evaluada según la rúbrica “Diagrama de Flujo” en la carpeta de Rúbricas.

### 3. GLOSARIO:

Estimados estudiantes, durante toda la duración del módulo deberán ingresar al menos una segunda (1) palabra al glosario con su correspondiente significado.

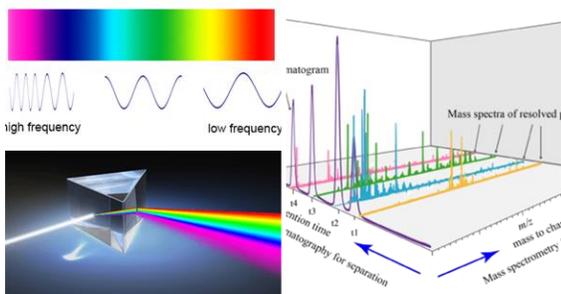
## Foro

El segundo foro estará disponible durante la duración de la clase y el objetivo es escoger un elemento metálico de la tabla periódica y realizar una corta investigación bibliográfica que nos permita comentar las diferentes opciones de análisis tomando en cuenta la cantidad presente en las muestras.

Muchas gracias



### Clase #3



Implementación de un protocolo de análisis modelo



Arlette Jiménez



# Bienvenidos

El objetivo de esta tercera clase es diseñar e implementar (en forma presencial) un método de análisis de cobre en una muestra de Té negro.

Para iniciar la clase deben leer de la página #12 a la página #14 del material MÓDULO #3: ESPECTROFOTOMETRÍA ABSORCIÓN ATÓMICA que se encuentra en la sección Archivos de esta clase.

Esta clase tiene un componente presencial, donde implementaran el protocolo de análisis descrito en la actividad “Diagrama de Flujo” de la clase #2.

Para implementar un procedimiento de análisis cuantitativo lo primero que debe determinarse son los estándares y sus concentraciones con el propósito de generar una curva de calibración. El procedimiento para la definición de este proceso lo pueden leer en la lección “Curvas de Calibración y ejecución”.

Para complementar el conocimiento les recomiendo ver los siguientes vídeos dónde muestran el proceso de preparación de disoluciones:

- <https://youtu.be/3afiLc3CxjQ>
- [https://youtu.be/5RhXLT\\_upk](https://youtu.be/5RhXLT_upk)

## Actividades

### 1. PRESENTACIÓN:

En los grupos definidos en el laboratorio práctico de implementación de protocolo modelo para el análisis de cobre (Cu) en té negro, deberán preparar una presentación que muestre el proceso realizado por el grupo.

Cada grupo debe enviar al tutor, vía correo electrónico, el nombre del grupo y los nombres de los integrantes. La presentación puede ser realizada con cualquier herramienta de presentaciones, pero debe ser pública y compartida. Se entregará con el nombre grupo-procmodelo y será ingresada en la actividad correspondiente. Esta actividad será evaluada según la rúbrica “Presentación” en la carpeta de Rúbricas.

## 2. GLOSARIO:

Estimados estudiantes, durante toda la duración del módulo deberán ingresar al menos una segunda (1) palabra al glosario con su correspondiente significado.

## Foro

El tercer foro estará disponible durante la duración de la clase y el objetivo es comentar las diferentes oportunidades de mejora del método y analizar los resultados y las conclusiones definidas a partir del análisis de resultados.

Muchas gracias



## 5. Captura de las clases

### Clase #1

The screenshot shows the virtual campus interface for 'Técnicas Básicas de Análisis Instrumental'. The top navigation bar includes 'Campus Virtual UTN' and various menu items. The main content area is titled 'Técnicas Básicas de Análisis Instrumental' and shows a breadcrumb trail: 'Página Principal > Simulación > Maestría EV > I Cuatrimestre 2018 > TBAI-1-18 > Clase #1'. The left sidebar contains a 'NAVEGACIÓN' menu with options like 'Página Principal', 'Área personal', and 'Curso actual'. The main content area displays a slide titled 'Conceptos Generales de Espectrometría de Absorción Atómica' with a colorful spectrum and a 3D diagram. Below the slide is a 'Bienvenidos' message from Arlette Jiménez, stating the objective of the first class and providing instructions for the 'UNIDAD DIDÁCTICA' and 'SIMULACION'.

Campus Virtual UTN Principal Academia E-learning Formación IT-Academy MepVirtual REA Simulación Equipo TEyPRD Español - Internacional (es) Arlette Jiménez Silva Estudiante

▼ Cambiar rol a...  
 👤 Volver a mi rol normal

Una vez que hayan leído el material pueden reforzar sus conocimientos ejecutando una **SIMULACION** donde se muestra, en forma gráfica, la operación general del equipo.

### ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA

Material docente en formato digital para asignaturas de Experimentación en Química

▶

Una vez que tenemos claro los conceptos generales de la técnica debemos examinar cada uno de los componentes del equipo. Les presento el equipo que es el protagonista de esta técnica y que vamos a utilizar en el Laboratorio Químico, el espectrómetro Agilent modelo 240FS.

CALENDARIO

junio 2018

Dom	Lun	Mar	Miér	Jue	Vie	Sáb
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

CLAVE DE EVENTOS

- Ocultar eventos globales
- Ocultar eventos de curso
- Ocultar eventos de grupo
- Ocultar eventos del usuario

BUSCAR EN LOS FOROS

Búsqueda avanzada [?](#)

Campus Virtual UTN Principal Academia E-learning Formación IT-Academy MepVirtual REA Simulación Equipo TEyPRD Español - Internacional (es) Arlette Jiménez Silva Estudiante

- 1 Protector de la llama
- 2 Palanca controladora del quemador
- 3 Ajustador de altura del quemador
- 4 Nebulizador y ajuste de flujo
- 5 Ajuste de la perla de impacto
- 6 Botón de apagado de la llama
- 7 Botón de encendido de la llama
- 8 Luz de estado
- 9 Botón de arranque
- 10 Cámara de atomización y trampa de líquido
- 11 Compartimiento de las lámparas (puede ser de cuatro u ocho lámparas)

- 1 Puerto serial para accesorio
- 2 Puerto para cámara USB
- 3 Puerto para IEEE 488
- 4 Alimentación eléctrica
- 5 Caja de fusos
- 6 Puertos opcionales para lámpara UVA
- 7 Alimentación de C2H2
- 8 Alimentación de aire
- 9 Alimentación de N2O
- 10 Puerto de purga de aire
- 11 Puerto de bomba opcional de SIPS

Para estudiar el detalle de cada componente vamos a recorrer la lección "Componentes del AA 240FS".

Una vez terminada la lectura de la lección podrán observar un vídeo que contiene un análisis real del elemento Plomo utilizando la técnica que estamos estudiando.

Para estudiar el detalle de cada componente vamos a recorrer la lección "Componentes del AA 240FS".

Una vez terminada la lectura de la lección podrán observar un vídeo que contiene un análisis real del elemento Plomo utilizando la técnica que estamos estudiando:



Y también un vídeo de como colocar la lámpara de cátodo hueco:



## Actividades

### 1. CRUCIGRAMA

Cada uno de ustedes resolverá un crucigrama donde se relacionan términos con conceptos de la espectrometría de absorción atómica. Para esta actividad tienen 30 minutos y se permiten 2 intentos. Esta actividad tiene un valor de 10% de la calificación del módulo.

### 2. MAPA CONCEPTUAL

En la carpeta de imágenes CONCEPTOS, tienen disponibles una serie de imágenes que reflejan los conceptos de la técnica de Absorción Atómica. Cada uno diseñará un mapa conceptual gráfico (utilizando las imágenes disponibles en la carpeta) donde se expliquen los conceptos básicos de la espectrometría de absorción atómica.

El mapa conceptual debe ser nombrado apellido-nombre-mapaconceptual y debe ser una imagen con formato jpeg. Esta imagen debe ser ingresada a través de la actividad Mapa Conceptual que se encuentra al final de la lección. Esta actividad será evaluada según la rúbrica "Mapa Conceptual".

### 3. GLOSARIO

Durante toda la duración del módulo deberán ingresar al menos una (1) palabra al glosario con su correspondiente significado.

## Foro

El Foro Técnicas de Análisis estará disponible durante la duración de la clase y el objetivo es comentar, a través de un estudio bibliográfico, sobre diferentes técnicas de análisis espectrométrico diferentes a la de Absorción Atómica.

La resonancia magnética nuclear (RMN), espectrometría infrarroja, espectrofluorimetría y espectroscopia Raman son diferentes técnicas de análisis. Mediante los conceptos estudiados discutir las diferencias de estas y sus áreas de aplicación.

Para participar en este foro tienen una semana de tiempo. Deben participar al menos 1 vez y deben comentar la participación de al menos 1 compañero. En cada participación deben

Campus Virtual UTN Principal Academia E-learning Formación IT-Academy MepVirtual REA Simulación Equipo TEYPRD Español - Internacional (es) Arlette Jiménez Silva Estudiante

que reflejan los conceptos de la técnica de Absorción Atómica. Cada uno diseñará un mapa conceptual gráfico (utilizando las imágenes disponibles en la carpeta) dónde se expliquen los conceptos básicos de la espectrometría de absorción atómica.

El mapa conceptual debe ser nombrado apellido-nombre-mapaconceptual y debe ser una imagen con formato jpeg. Esta imagen debe ser ingresada a través de la actividad Mapa Conceptual que se encuentra al final de la lección. Esta actividad será evaluada según la rúbrica "Mapa Conceptual"

**3. GLOSARIO**

Durante toda la duración del módulo deberán ingresar al menos una (1) palabra al glosario con su correspondiente significado.

## Foro

El Foro Técnicas de Análisis estará disponible durante la duración de la clase y el objetivo es comentar, a través de un estudio bibliográfico, sobre diferentes técnicas de análisis espectrométrico diferentes a la de Absorción Atómica.

La resonancia magnética nuclear (RMN), espectrometría infrarroja, espectrofluorimetría y espectroscopia Raman son diferentes técnicas de análisis. Mediante los conceptos estudiados discutir las diferencias de estas y sus áreas de aplicación.

Para participar en este foro tienen una semana de tiempo. Deben participar al menos 1 vez y deben comentar la participación de al menos 1 compañero. En cada participación deben aportar referencias bibliográficas de artículos científicos o libros. No se permite el uso de referencias de blogs o de sitios sin autor o fecha de publicación.

La evaluación se puede observar en la "Rúbrica de Foro Clase 1"

Nos vemos y a iniciar la diversión 

## Clase #2

Campus Virtual UTN Principal Academia E-learning Formación IT-Academy MepVirtual REA Simulación Equipo TEYPRD Español - Internacional (es) Arlette Jiménez Silva Estudiante

### Técnicas Básicas de Análisis Instrumental

Página Principal > Simulación > Maestría EV > I Cuatrimestre 2018 > TBAI-1-18 > Clase #2

**NAVEGACIÓN**

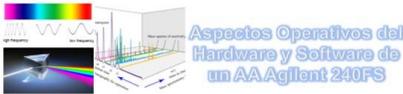
- Página Principal
- Área personal
- Páginas del sitio
- Curso actual
  - TBAI-1-18
    - Participantes
    - Insignias
    - Módulo 0
    - Módulo 1
    - Módulo 2
    - Módulo 3
    - Clase #1
    - Clase #2**
    - Pareo de componentes
    - Diagrama de Flujo
    - Análisis de elementos metálicos de la tabla periódica
    - Clase #3
    - Módulo 4
    - Módulo 5
- Mis cursos

**ADMINISTRACIÓN**

- Administración del curso
- Calificaciones
- Cambiar rol a...
- Volver a mi rol normal

Módulo 0 Módulo 1 Módulo 2 **Módulo 3** Módulo 4 Módulo 5

Inicio Clase #1 Clase #2 **Clase #3**



**Bienvenidos**

El objetivo de esta segunda clase es que ustedes conozcan los conceptos básicos de operación del hardware y del software para que puedan realizar un análisis cuantitativo de metales a través de la técnica de espectrometría de absorción atómica. Deben terminar la lectura de los primeros cuatro capítulos del Módulo #3, Unidad Didáctica.

Para iniciar la operación del Agilent 240FS es necesario seguir una serie de pasos que vienen descritos en la lección "Inicio de operación del AA240FS" de esta clase.

Una vez que hayan revisado la lección deberán ser capaces de reconocer cada uno de los componentes del Hardware.

Para la manipulación del Software SpectAA es necesario que revisen la siguiente presentación:



**BIBLIOTECA DE ARCHIVOS**

Guía Didáctica

Módulo #3: Unidad Didáctica

Lección: Componentes del AA 240FS

Lección: Inicio de Operación del AA 240FS

Lección: Ejecución de métodos en el AA 240FS

Lección: Curvas de calibración

Carpeta de imágenes del AA 240FS

**ÚLTIMAS NOTICIAS**

(Sin novedades aún)

**EVENTOS PRÓXIMOS**

- Mapa Conceptual  
miércoles, 6 junio, 00:00
- Diagrama de Flujo  
sábado, 9 junio, 00:00
- Presentación de resultados  
sábado, 9 junio, 00:00

Ir al calendario...  
Nuevo evento...

**CALENDARIO**

Junio 2018

Dom	Lun	Mie	Mie	Jue	Vie	Sab
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

CLAVE DE EVENTOS

Campus Virtual UTN Principal Academia E-learning Formación IT-Academy MopVirtual REA Simulación Equipo TEyPRD Español - Internacional (es) Arlette Jiménez Silva Estudiante

Hardware.

Para la manipulación del Software SpectAA es necesario que revisen la siguiente presentación:

Creación métodos from Arlette Jiménez Silva

Y analicen lo presentado en la lección de "Ejecución de métodos". Luego pueden ver un ejemplo de la optimización de la señal a través de la optimización del quemador, en el siguiente vídeo:

No olviden acceder las lecturas opcionales:

[Agilent 240Z80 Series AA \(including Zeeman\) User's Guide](#)

CALENDARIO

Junio 2016

Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

CLAVE DE EVENTOS

- Ocultar eventos globales
- Ocultar eventos de curso
- Ocultar eventos de grupo
- Ocultar eventos del usuario

BUSCAR EN LOS FOROS

[Búsqueda avanzada](#)

Campus Virtual UTN Principal Academia E-learning Formación IT-Academy MopVirtual REA Simulación Equipo TEyPRD Español - Internacional (es) Arlette Jiménez Silva Estudiante

No olviden acceder las lecturas opcionales:

[Agilent 240Z80 Series AA \(including Zeeman\) User's Guide](#)

[Espectrometría de absorción atómica](#)

## Actividades

1. CUESTIONARIO

De forma individual cada estudiante resolverá el cuestionario de selección única donde debe identificar en una imagen cada parte del espectrómetro AA y del SpectraAA.

2. DIAGRAMA DE FLUJO:

En grupos de 2 personas se creará un diagrama de flujo gráfico (utilizando las imágenes disponibles en la carpeta imágenes) donde se explique el procedimiento para la determinación cuantitativa de Cobre en una muestra de Té negro utilizando la técnica de espectrometría de absorción atómica.

Los datos para el análisis son los siguientes:

- Preparar una solución patrón de Cu de 1000 ppm a partir de  $CuSO_4 \cdot H_2O$  y  $HNO_3$  6.0 M. Debe calcular la concentración exacta de este patrón.
- Preparar una solución de trabajo de 100 ppm a partir de la solución patrón.
- Preparar estándares de 0.1, 2.3 y 4 ppm de Cu a partir de la solución de trabajo.
- Preparar la muestra llevando a contas 5 g de muestra y disueltas con  $HNO_3$  6.0 M.
- Llevar la muestra a un balón aforado de 50 mL, aforar y filtrar para usar en el AA.

Los grupos serán conformados por el tutor, en el transcurso de la semana se les indicará los grupos y las personas que lo conforman. Una vez que los grupos sean conformados, cada pareja debe definir un nombre para el grupo y enviárselo por correo electrónico al tutor junto con el nombre completo de cada integrante de grupo.

El diagrama de flujo debe ser nombrado nombre grupo-diagrama y debe ser una imagen con formato jpeg. Esta imagen debe ser ingresada a través de la actividad Diagrama de flujo (ubicada al final de la clase) y será evaluada según la rubrica "Diagrama de Flujo".

3. GLOSARIO

Durante toda la duración del módulo deberán ingresar al menos una (1) palabra al glosario con su correspondiente significado.

## Foro

El análisis de metales conlleva un conjunto de técnicas de análisis dependiendo del tamaño de trazas a investigar. En el Foro Análisis de elementos metálicos de la tabla periódica cada uno de ustedes

Campus Virtual UTN Principal Academia E-learning Formación IT-Academy MepVirtual REA Simulación Equipo TeyPRD Español - Internacional (es) Arlette Jiménez Silva Estudiante

En grupos de 4 personas se entrega un diagrama de flujo gráficor con imágenes respaldadas en la carpeta imágenes) donde se explique el procedimiento para la determinación cuantitativa de Cobre en una muestra de Té negro utilizando la técnica de espectrometría de absorción atómica.

Los datos para el análisis son los siguientes:

1. Preparar una solución patrón de Cu de 1000 ppm a partir de  $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  y  $\text{HNO}_3$  6,0 M. Debe calcular la concentración exacta de este patrón.
2. Preparar una solución de trabajo de 100 ppm a partir de la solución patrón.
3. Preparar estándares de 0,1, 2,3 y 4 ppm de Cu a partir de la solución de trabajo.
4. Preparar la muestra llevando a cenzas 5 g de muestra y disueltas con  $\text{HNO}_3$  6,0 M.
5. Lleve la muestra a un balón aforado de 50 mL, alore y filtre para usar en el AA.

Los grupos serán conformados por el tutor, en el transcurso de la semana se les indicará los grupos y las personas que lo conforman. Una vez que los grupos sean conformados, cada pareja debe definir un nombre para el grupo y amarlo por correo electrónico al tutor junto con el nombre completo de cada integrante de grupo.

El diagrama de flujo debe ser nombrado nombre grupo-diagrama y debe ser una imagen con formato jpeg. Esta imagen debe ser ingresada a través de la actividad Diagrama de flujo (ubicada al final de la clase) y será evaluada según la rúbrica "Diagrama de Flujo".

### 3. GLOSARIO

Durante toda la duración del módulo deberán ingresar al menos una (1) palabra con su correspondiente significado.

## Foro

El análisis de metales conlleva un conjunto de técnicas de análisis dependiendo del tamaño de trazas a investigar. En el Foro Análisis de elementos metálicos de la tabla periódica cada uno de ustedes deberá escoger un metal y realizar en forma individual una investigación bibliográfica presentando técnicas analíticas para la determinación de ese metal en diferentes muestras.

Para participar en este foro tienen una semana de tiempo. Deben enviar al tutor por correo electrónico su nombre completo y el metal seleccionado. Deben participar al menos 1 vez y deben comentar la participación de al menos 1 compañero. En cada participación deben aportar referencias bibliográficas de artículos científicos o libros. No se permite el uso de referencias de blogs o de sitios sin autor o fecha de publicación.

La evaluación se puede observar en la "Rúbrica de Foro Clase 2"

## Sigamos trabajando duro



## Clase #3

Campus Virtual UTN Principal Academia E-learning Formación IT-Academy MepVirtual REA Simulación Equipo TeyPRD Español - Internacional (es) Arlette Jiménez Silva Estudiante

### Técnicas Básicas de Análisis Instrumental

Página Principal > Simulación > Maestría EV > I Cuatrimestre 2018 > TBAI-1-18 > Clase #3

**NAVEGACIÓN**

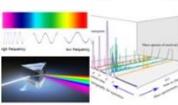
- Página Principal
- Área personal
- Páginas del sitio
- Curso actual
- TBAI-1-18
  - Participantes
  - Insignias
  - Módulo 0
  - Módulo 1
  - Módulo 2
  - Módulo 3
  - Clase #1
  - Clase #2
  - Clase #3
  - Presentación de resultados
  - Resultados de Análisis
  - Módulo 4
  - Módulo 5
- Mis cursos

**ADMINISTRACIÓN**

- Administración del curso
- Certificaciones
- Cambiar rol a...
- Volver a mi rol normal

Módulo 0 Módulo 1 Módulo 2 **Módulo 3** Módulo 4 Módulo 5

Inicio Clase #1 Clase #2 Clase #3



### Implementación de un protocolo de análisis modelo



### Bienvenidos

El objetivo de esta tercera clase es diseñar e implementar (en forma presencial) un método de análisis de cobre en una muestra de Té negro.

Para iniciar la clase deben leer de la página #12 a la página #14 del material MÓDULO #3: ESPECTROFOTOMETRÍA ABSORCIÓN ATÓMICA que se encuentra en la sección Archivos de esta clase. Esta clase tiene un componente presencial, donde implementaran el protocolo de análisis descrito en la actividad "Diagrama de Flujo" de la clase #2.

Para implementar un procedimiento de análisis cuantitativo lo primero que debe determinarse son los estándares y sus concentraciones con el propósito de generar una curva de calibración. El procedimiento para la definición de este proceso lo pueden leer en la lección "Curvas de Calibración y ejecución".

Si tienen alguna duda con respecto a estándares pueden visitar la página del NIST (National Institute of Standards and Technology)

Para complementar el conocimiento les recomendamos ver los siguientes videos donde muestran el proceso de preparación de diluciones:



**BIBLIOTECA DE ARCHIVOS**

Guía Didáctica

Módulo #2: Unidad Didáctica

Lección: Componentes del AA 240FS

Lección: Inicio de Operación del AA 240FS

Lección: Ejecución de métodos en el AA 240FS

Lección: Curvas de calibración

Carpeta de imágenes del AA 240FS

**ÚLTIMAS NOTICIAS**  
(Sin novedades aún)

**EVENTOS PRÓXIMOS**

- Mapa Conceptual  
miércoles, 6 junio, 00:00
- Diagrama de Flujo  
sábado, 9 junio, 00:00
- Presentación de resultados  
sábado, 9 junio, 00:00

Ir al calendario...  
Nuevo evento...

**CALENDARIO**

junio 2018

Dom	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Sáb
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

CLAVE DE EVENTOS

Campus Virtual UTN Principal Academia E-learning Formación IT-Academy MepVirtual REA Simulación Equipo TEYPRD Español - Internacional (es) Arlette Jiménez Silva Estudiante

Para complementar el conocimiento les recomiendo ver los siguientes videos, dónde muestran el proceso de preparación de disoluciones:

				1	2
3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26
27	28	29	30		

CLAVE DE EVENTOS

- Ocultar eventos globales
- Ocultar eventos de curso
- Ocultar eventos de grupo
- Ocultar eventos del usuario

BUSCAR EN LOS FOROS



Búsqueda avanzada

### Actividades

**1. PRESENTACIÓN:**

En los grupos definidos en el laboratorio práctico de implementación de protocolo modelo para el análisis de cobre (Cu) en té negro, deberán preparar una presentación que muestre el proceso realizado por el grupo.

Cada grupo debe enviar al tutor, vía correo electrónico, el nombre del grupo y los nombres de los integrantes. La presentación puede ser realizada con cualquier herramienta de presentaciones, pero debe ser pública y compartida. Se entregará con el nombre **grupo-procmo** y será ingresada en la actividad correspondiente al final de la clase. Esta actividad será evaluada según la rúbrica

Campus Virtual UTN Principal Academia E-learning Formación IT-Academy MepVirtual REA Simulación Equipo TEYPRD Español - Internacional (es) Arlette Jiménez Silva Estudiante

### Actividades

**1. PRESENTACIÓN:**

En los grupos definidos en el laboratorio práctico de implementación de protocolo modelo para el análisis de cobre (Cu) en té negro, deberán preparar una presentación que muestre el proceso realizado por el grupo.

Cada grupo debe enviar al tutor, vía correo electrónico, el nombre del grupo y los nombres de los integrantes. La presentación puede ser realizada con cualquier herramienta de presentaciones, pero debe ser pública y compartida. Se entregará con el nombre **grupo-procmo** y será ingresada en la actividad correspondiente al final de la clase. Esta actividad será evaluada según la rúbrica "Presentación".

**2. GLOSARIO**

Durante toda la duración del módulo deberán ingresar al menos una (1) palabra al glosario con su correspondiente significado.

### Foro

En el Foro Resultados de Análisis cada grupo presentará sus resultados del análisis y discutirá los resultados de otro grupo, tomando en cuenta los coeficientes de correlación y el % de Cobre reportado. Además, individualmente deberán comentar acerca del uso del cobre en este producto incluyendo al menos una fuente bibliográfica.

Para participar en este foro tienen una semana de tiempo. Deben participar al menos 1 vez y deben comentar la participación de al menos 1 compañero. En cada participación deben aportar referencias bibliográficas de artículos científicos o libros. No se permite el uso de referencias de blogs o de sitios sin autor o fecha de publicación.

Este foro será evaluado según la Rúbrica de Foro #3.

**Seguimos adelante**

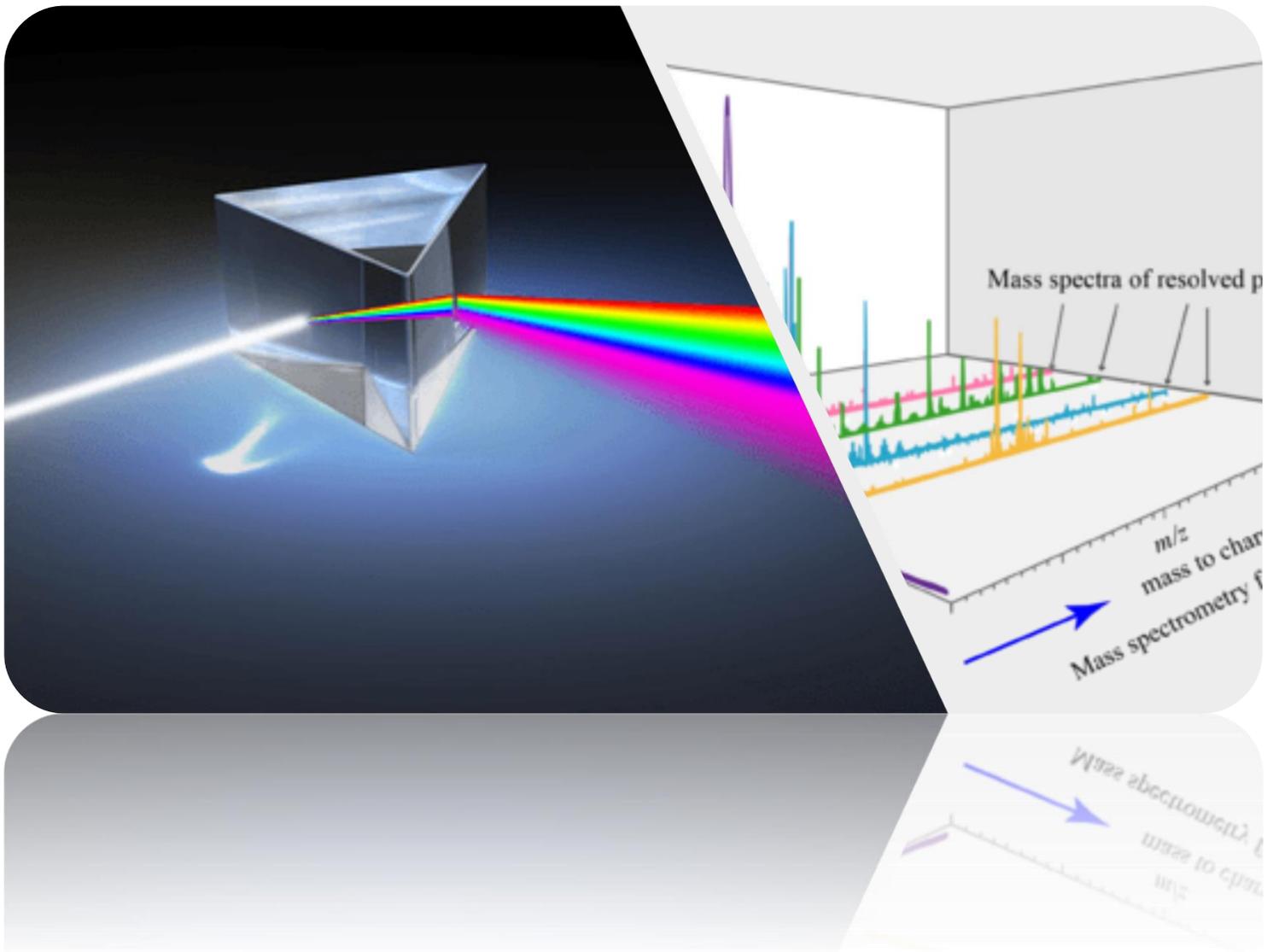




# **DOCUMENTOS ELABORADOS**

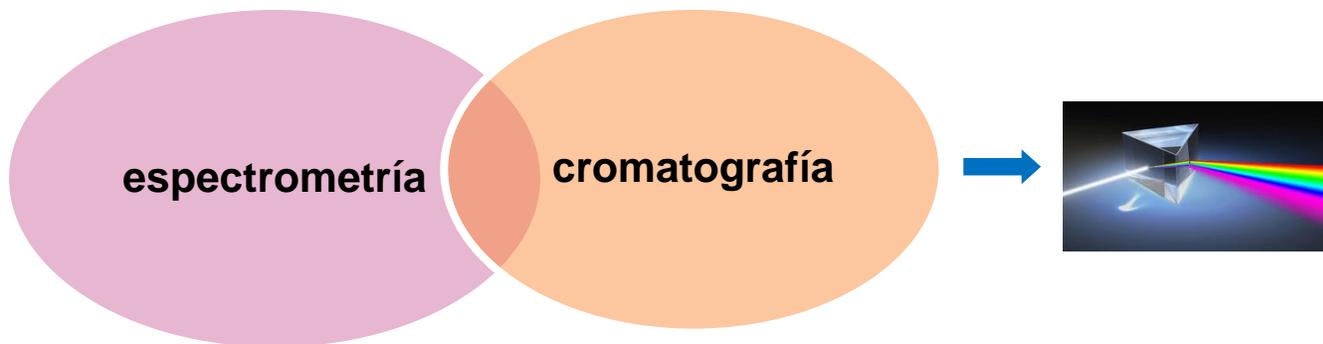
# TÉCNICAS BÁSICAS DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL

## Guía Didáctica



por

Arlette Jiménez



## 1. FUNDAMENTACIÓN DE LA MATERIA

El análisis Instrumental es una técnica que consiste en utilizar diferentes equipos analíticos para determinar diferentes variables de una investigación científica. Todo investigador debe tener control de sus datos y resultados para poder generar las conclusiones correspondientes en sus investigaciones. Si un investigador envía a un laboratorio químico un análisis, no tiene control de la forma en que se realizan las pruebas o cualquier manipulación de los resultados. Por esta razón, es importante que los investigadores puedan realizar sus propios análisis; y para lograr este propósito deben conocer las técnicas básicas de análisis instrumental.

En este curso los investigadores recibirán conocimientos teóricos y prácticos de las técnicas más utilizadas: cromatografía y espectrofotometría. De esta forma podrán aplicar los conocimientos adquiridos y desarrollar sus investigaciones obteniendo datos y resultados confiables y defendibles ya que fueron generados por cada uno de ellos.

## 2. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

### OBJETIVO GENERAL

***Implementar las herramientas del análisis químico instrumental, con el propósito de producir información cualitativa y cuantitativa de analitos presentes en una muestra representativa de una investigación científica***

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- **Describir las diferentes características del espectro electromagnético**
- **Analizar los diferentes métodos espectrofotométricos y explicar su principio**
- **Analizar los diferentes tipos de cromatografía cómo técnica para la separación y análisis de compuestos.**
- **Diseñar métodos de análisis aplicando métodos espectrofotométricos y cromatográficos para la cuantificación de analitos**
- **Interpretar e inferir resultados generales a partir de los resultados obtenidos en los métodos de análisis cuantitativo.**

## 3. CONTENIDOS

1. Módulo introductorio:
  - a. Espectro Electromagnético
  - b. Tipo de Radiación
  - c. Espectros
  - d. Conceptos básicos de espectrofotometría
  - e. Conceptos básicos de cromatografía
2. Módulo Espectrofotometría UV-VIS
  - a. Espectrofotometría Ultravioleta
  - b. Espectrofotometría Visible
  - c. Ley Beer-Lambert
  - d. Descripción general de un espectrofotómetro UV-VIS de doble haz
    - i. Componentes

- ii. Usos
  - e. Descripción general del software para la manipulación del equipo
    - i. Implementación de métodos
    - ii. Métodos de análisis de datos
  - f. Mantenimiento general del equipo
- 3. Módulo Espectrofotometría Absorción Atómica
  - a. Espectrofotometría
  - b. Espectrofotometría de Emisión
  - c. Espectrofotometría de Absorción
  - d. Descripción general de componentes de un espectrofotómetro AA
    - i. Sistema de atomización
    - ii. Fuentes de calor
    - iii. Generador de hidruros
    - iv. Fuentes de radiación
    - v. Monocromador y Detector
  - e. Implementación de métodos y curvas de calibración
  - f. Mantenimiento general del equipo
- 4. Módulo Cromatografía de gases y espectrometría de masas
  - a. Conceptos generales de espectrometría de masas
  - b. Descripción general de componentes de un GC
    - i. Puerto de inyección
    - ii. Horno
    - iii. Columna de cromatografía
    - iv. Interfase con MS
  - c. Descripción general de componentes de un MS
    - i. Cuadrupolo
    - ii. Fuente de iones
    - iii. Detector
    - iv. Interfase con GC
  - d. Descripción general del software para la manipulación del equipo
    - i. Implementación de métodos
    - ii. Métodos de análisis de datos
  - e. Mantenimiento general del equipo
- 5. Módulo Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC)

- a. Descripción general de componentes de un HPLC
  - i. Bombas de presión
  - ii. Puerto de inyección
  - iii. Columna cromatográfica
  - iv. Automuestreador
- b. Descripción general del software para la manipulación del equipo
  - i. Implementación de métodos
  - ii. Métodos de análisis de datos
- c. Mantenimiento general del equipo

#### 4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

El curso estará dividido por módulos:

1. Módulo introductorio: en este módulo se introducirá el tema del espectro electromagnético y los conceptos básicos de espectrofotometría y cromatografía.
2. Módulo Espectrofotometría UV-VIS
3. Módulo Espectrofotometría Absorción Atómica
4. Módulo Cromatografía de gases y espectrometría de masas
5. Módulo Cromatografía HPLC

Cada semana, los días miércoles, se habilitará una clase (estará en una pestaña del bloque principal). Se contarán con las siguientes formas de comunicación:

1. Foro de dudas
2. Correo electrónico con el tutor

Los trabajos asignados serán entregados en cada actividad propuesta vía la plataforma. Todos los trabajos deben contar con citas bibliográficas en caso de ser necesario y no se permitirá el plagio. Para cada asignación se brindará una rúbrica de evaluación, tanto en los foros como en los proyectos de investigación.

## 5. EVALUACIÓN

Para cada módulo la evaluación será la siguiente:

EVALUACIÓN	PORCENTAJE
FORO	10 %
EVALUACIÓN CORTA #1	20 %
EVALUACIÓN CORTA #2	20 %
PROTOCOLO DE ANÁLISIS	10 %
PROYECTO DE APLICACIÓN	20 %
ANÁLISIS DE RESULTADOS	20 %

La escala de evaluación va de 0 a 100 con una calificación mínima para aprobar de un 70.

## 6. CRONOGRAMA DE TRABAJO

SEMANA	TEMA
1	Módulo introductorio
2	Módulo Espectrofotometría UV-VIS <ul style="list-style-type: none"><li>Aspectos teóricos de la técnica de análisis</li><li>Aspectos operativos del equipo y software</li></ul>
3	Módulo Espectrofotometría UV-VIS <ul style="list-style-type: none"><li>Implementación de un protocolo de análisis modelo</li><li>Proyecto de aplicación de la técnica de análisis</li></ul>
4	Módulo Espectrofotometría UV-VIS <ul style="list-style-type: none"><li>Proyecto de aplicación de la técnica de análisis</li><li>Análisis de resultados</li></ul>
5	Módulo Espectrofotometría Absorción Atómica <ul style="list-style-type: none"><li>Aspectos teóricos de la técnica de análisis</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspectos operativos del equipo y software</li> </ul>
<b>6</b>	<p>Módulo Espectrofotometría Absorción Atómica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación de un protocolo de análisis modelo</li> <li>• Proyecto de aplicación de la técnica de análisis</li> </ul>
<b>7</b>	<p>Módulo Espectrofotometría Absorción Atómica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto de aplicación de la técnica de análisis</li> <li>• Análisis de resultados</li> </ul>
<b>8</b>	<p>Módulo Cromatografía de gases y espectrometría de masas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspectos teóricos de la técnica de análisis</li> <li>• Aspectos operativos del equipo y software</li> </ul>
<b>9</b>	<p>Módulo Cromatografía de gases y espectrometría de masas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación de un protocolo de análisis modelo</li> <li>• Proyecto de aplicación de la técnica de análisis</li> </ul>
<b>10</b>	<p>Módulo Cromatografía de gases y espectrometría de masas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto de aplicación de la técnica de análisis</li> <li>• Análisis de resultados</li> </ul>
<b>11</b>	<p>Módulo Cromatografía HPLC</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspectos teóricos de la técnica de análisis</li> <li>• Aspectos operativos del equipo y software</li> </ul>
<b>12</b>	<p>Módulo Cromatografía HPLC</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación de un protocolo de análisis modelo</li> <li>• Proyecto de aplicación de la técnica de análisis</li> </ul>
<b>13</b>	<p>Módulo Cromatografía HPLC</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto de aplicación de la técnica de análisis</li> <li>• Análisis de resultados</li> </ul>

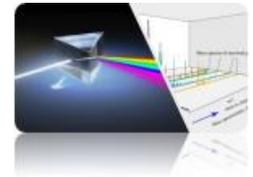


## 7. PRESENTACIÓN DEL TUTOR

Mi nombre es Arlette Jiménez y los acompañaré en este curso virtual. Durante este proceso se estudiarán diferentes técnicas de análisis instrumental. Soy Ingeniero en Computación y desde hace 14 años trabajo en conjunto con el químico encargado, en el Laboratorio químico. Soy la coordinadora del Programa Técnico Laboratorista Químico para el aseguramiento de Calidad y cuento con más de 25 años de experiencia en docencia. En este momento estoy en proceso de obtener una Licenciatura en Mediación Pedagógica y la Maestría en Entornos Virtuales de Aprendizaje.

Durante este proceso desarrollarán la experiencia necesaria para la implementación de métodos de análisis en las principales técnicas instrumentales.



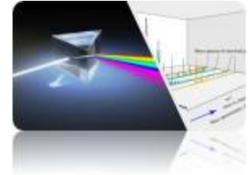


## TÉCNICAS BÁSICAS DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL

### MÓDULO #3: ESPECTROFOTOMETRÍA ABSORCIÓN ATÓMICA

#### CONTENIDOS

I. ESPECTROFOTOMETRÍA.....	2
II. ESPECTROFOTOMETRÍA DE EMISIÓN.....	3
III. ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN.....	4
IV. COMPONENTES DE UN EAA .....	4
SISTEMA DE ATOMIZACIÓN.....	6
FUENTES DE CALOR .....	8
GENERADOR DE HIDRUROS.....	9
FUENTES DE RADIACIÓN .....	10
MONOCROMADOR Y DETECTOR .....	11
V. IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS Y CURVAS DE CALIBRACIÓN.....	12
VI. MANTENIMIENTO GENERAL DEL EQUIPO .....	14



## I. ESPECTROFOTOMETRÍA

Max Planck, físico alemán, propuso la teoría cuántica en 1900. Luego la teoría fue ampliada para analizar los procesos de emisión y absorción. La teoría cuántica incluye los siguientes postulados:

- “Los átomos, iones y moléculas solo pueden existir en ciertos estados discretos, caracterizados por cantidades definidas de energía. Cuando una especie cambia su estado, absorbe o emite una cantidad de energía exactamente igual a la diferencia de energía entre los estados” (Skoog, Holler, & Nieman, 2001:138)
- “Cuando los átomos, iones o moléculas absorben o emiten radiación al realizar la transición de un estado de energía a otro, la frecuencia  $\nu$  o la longitud de onda  $\lambda$  de la radiación se relaciona con la diferencia de energía entre los estados” (Skoog, Holler, & Nieman, 2001:138)

La fórmula para representar esta relación es:

$$E_1 - E_0 = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

$E_1$  = energía del estado superior

$E_0$  = energía del estado inferior

$h$  = constante de Planck =  $6,628 \times 10^{-34}$  J s

$\nu$  = frecuencia

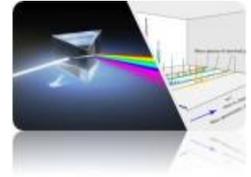
$c$  = velocidad de la luz =  $3 \times 10^8$  m/s

$\lambda$  = longitud de onda

Los diferentes estados se conocen como **estados electrónicos**. El estado de energía más bajo se le llama **estado fundamental** o **estado basal**; a estados de energías superiores se le llama **estado excitado**. (Skoog, Holler, & Nieman, 2001).

La radiación electromagnética se produce cuando los átomos, iones o moléculas pasan de un estado excitado a un estado fundamental liberando energía en forma de fotones. Para excitar una partícula se puede utilizar diferentes técnicas:

- Bombardeo con electrones
- Exposición al calor de una llama o un horno
- Irradiación electromagnética



## II. ESPECTROFOTOMETRÍA DE EMISIÓN

La radiación electromagnética producida se puede describir por medio de un espectro de emisión. Este espectro está compuesto por líneas discretas ya que no existen moléculas complejas (Bermejo & Moreno, 2014):

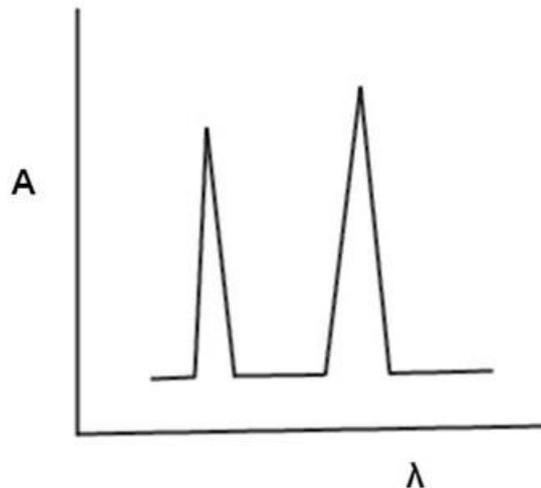
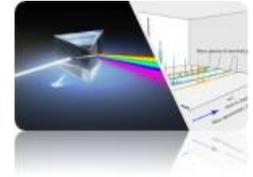


Figura #1: Espectro. A=absorción,  $\lambda$ =longitud de onda

En este tipo de energía se mide la frecuencia e intensidad emitida por la muestra después de que haya excitada mediante alguna forma de energía, una llama o una antorcha de plasma, o una descarga eléctrica entre dos (Bermejo & Moreno, 2014).



Figura #2. Emisión. Fuente: (Bermejo & Moreno, 2014)



### III. ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN

Absorción es un proceso donde la energía electromagnética se transfiere a los átomos que componen la muestra. Esta absorción hace que los electrones pasen de un estado basal a un estado excitado. Para que este proceso se de es necesario que la energía electromagnética aplicada sea de la misma longitud de onda. Esta respuesta de la muestra permite caracterizar sus componentes (Skoog, Holler, & Nieman, 2001).

Estudiando el espectro se puede identificar el elemento (por la posición de sus líneas), así como cuantificarlo (por la intensidad de las líneas) (Bermejo & Moreno, 2014).

En este tipo de análisis se pasa por una llama la radiación de una fuente externa de luz, que emite la línea espectral correspondiente a la energía necesaria para pasar de un estado basal a un estado excitado. Los gases de la llama contienen los átomos libres de la muestra en estado basal y son capaces de absorber radiación de la fuente externa siempre y cuando las longitudes de onda correspondan. Esta absorción se mide por medio de la diferencia entre las señales transmitidas con o sin el elemento analizado (Willard, Merrit, & Dean, 1980).

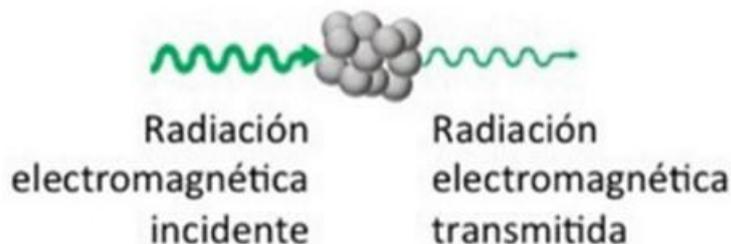
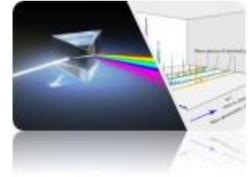


Figura #3. Absorción. Fuente: (Bermejo & Moreno, 2014)

### IV. COMPONENTES DE UN EAA

Espectrómetro es un “instrumento con uno o varios detectores que permiten la medida de la intensidad de la radiación electromagnética incidente, proporcionando así una medida cuantitativa” (Bermejo & Moreno, 2014:182). Muchas veces se utiliza también el término **Espectrofotómetro** para identificar a un instrumento con tecnología sofisticada para selecciones de longitud de onda.

Existen dos tipos principales de espectrómetro de absorción atómica, de haz sencillo o de haz doble. En los aparatos de haz sencillo el camino entre la fuente



de radiación y el detector es único, por el contrario, en uno de doble haz una parte de la fuente de radiación pasa por la muestra y la otra va directamente al detector; la ventaja de este tipo es que se pueden realizar correcciones en forma más rápida (Bermejo & Moreno, 2014).

A continuación, se presentan diagramas de cada uno de estos tipos:

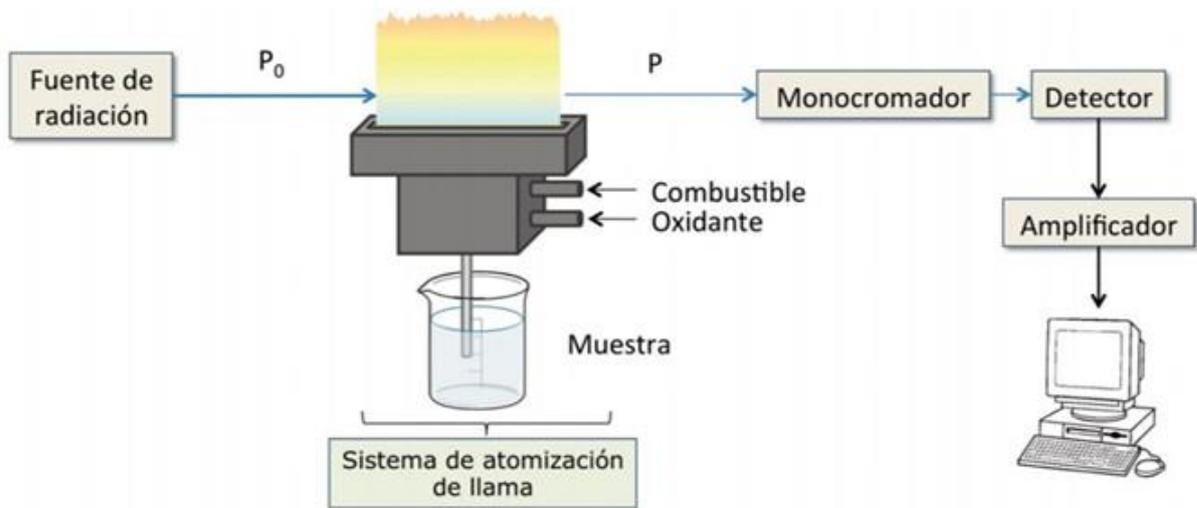


Figura #4. Espectrómetro de haz sencillo. Fuente: (Bermejo & Moreno, 2014)

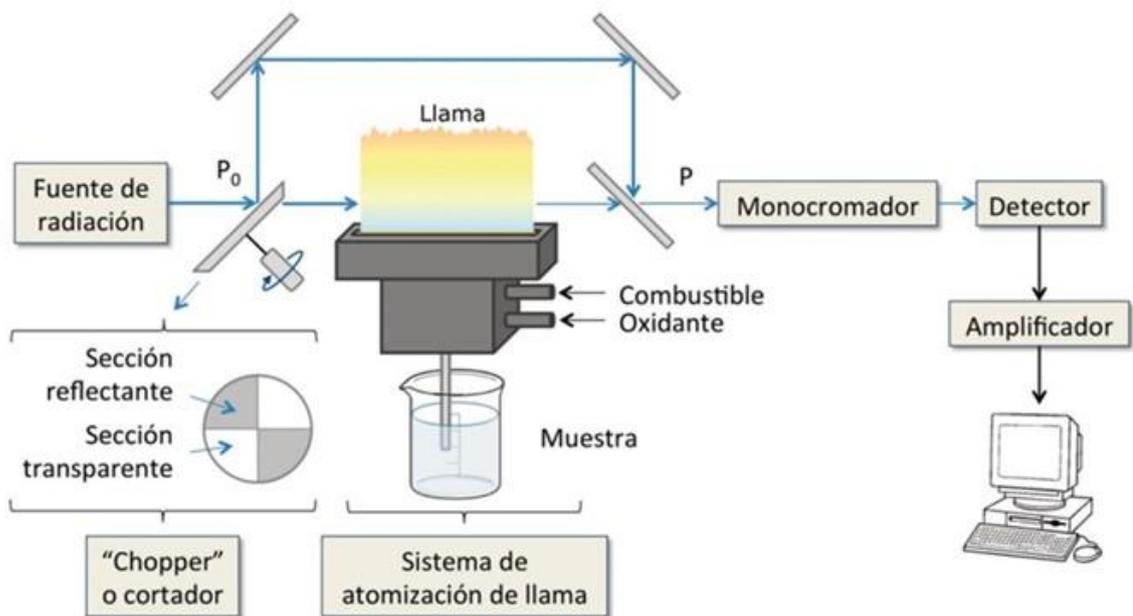
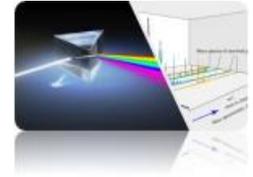


Figura #5. Espectrómetro de doble haz. Fuente: (Bermejo & Moreno, 2014)



Los componentes de este tipo de aparato son: fuente de radiación, sistema de atomización de la muestra, monocromador, detector con su respectivo sistema automatizado de procesamiento de datos (Bermejo & Moreno, 2014).

### **Sistema de atomización**

Es el componente más importante del espectrómetro, muchas veces llamado el nebulizador. Su función principal es transformar la muestra en “vapor atómico” separando en átomos los componentes de la muestra y de esta forma realizar el análisis.

La muestra en forma de disolución es aspirada, utilizando un tubo capilar, y llevada hasta el nebulizador. En el nebulizador la disolución impacta la perla de impacto (o esfera de impacto) pasando a ser una niebla. Las gotas de mayor tamaño serán desechadas por el tubo de drenaje. Luego las gotas son transportadas al quemador donde ocurren los procesos de desolvatación, vaporización, disociación e ionización. (Bermejo & Moreno, 2014)

La desolvatación es el proceso donde se evapora el disolvente de la muestra y se produce un “aerosol molecular” sólido finamente dividido. Luego estas moléculas se disocian y se produce un “gas atómico”; y los átomos se ionizan formando cationes y electrones (Skoog, Holler, & Nieman, 2001) .

Solo las partículas más pequeñas (10  $\mu\text{m}$ ) pasan al quemador, el resto es desechado al drenaje. La sensibilidad del análisis puede ser afectada por las características propias del disolvente. El agua es un disolvente muy eficaz, pero se pueden analizar las propiedades físicas, como viscosidad, densidad, tensión superficial, punto de ebullición, presión de vapor, entre otros, para determinar la idoneidad del disolvente. Por ejemplo, el metanol da mejores rendimientos que el agua (Bermejo & Moreno, 2014).

Este proceso se puede resumir de la siguiente forma:

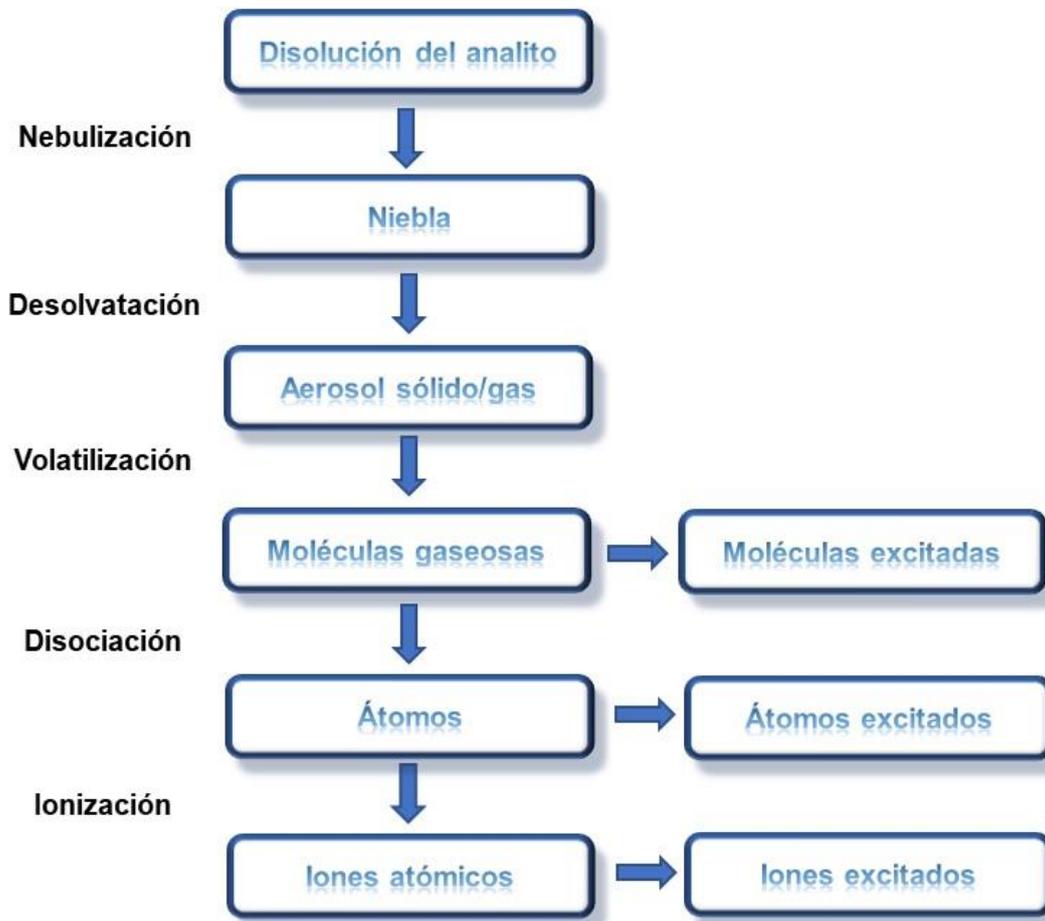
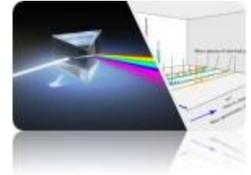


Figura #6. Flujo de proceso de la atomización. Fuente: (Skoog, Holler, & Nieman, 2001)

En la siguiente figura se pueden apreciar las partes generales de un sistema de nebulización

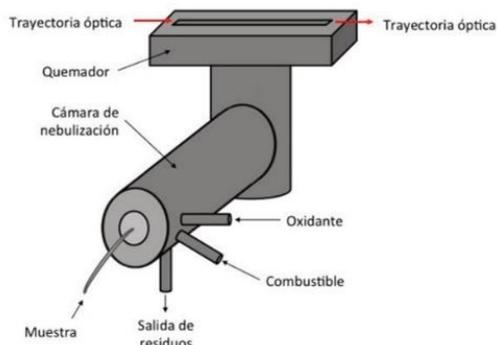


Figura #7. Sistema de nebulización. Fuente: (Bermejo & Moreno, 2014)



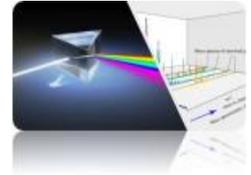


Figura #8. Sistema de nebulización Agilent 240FS AA. Fuente: (Agilent Technologies Australia, 2016)

En la figura #8 se presenta el sistema nebulizador-quemador de premezcla (o flujo laminar) utilizado con mayor frecuencia en los diferentes equipos de EAA. Dependiendo del tipo de llama se utilizan diferentes cabezales (construidos en Titanio por su resistencia al calor y a la corrosión).

### Fuentes de calor

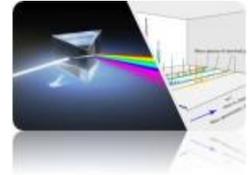
En un espectrómetro de llama la principal fuente de calor es la llama. La llama se usa para el proceso de volatilización (aerosol sólido/gas a moléculas gaseosas), para la disociación y en el caso de análisis por emisión para la excitación del vapor atómico. Existen muchas mezclas de combustible y oxidante que se pueden utilizar; lo importante es que cumplan con los dos requisitos indispensables: temperatura apropiada y el espectro de la llama no interfiera con el análisis (Willard, Merrit, & Dean, 1980).

Los tipos de combustibles y oxidantes se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro #1: Combustibles y oxidantes.  
Fuente: (Skoog, Holler, & Nieman, 2001)

COMBUSTIBLE	OXIDANTE	TEMPERATURA (°C)
<b>Aire</b>	Gas Natural	1700-1900
<b>Aire</b>	Hidrógeno	2000-2100
<b>Aire</b>	Acetileno	2100-2400
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Acetileno	2600-2800
<b>Oxígeno</b>	Gas Natural	2700-2800
<b>Oxígeno</b>	Hidrógeno	2550-2700
<b>Oxígeno</b>	Acetileno	3050-3150

Cada elemento puede tener un perfil de absorbancia diferente dependiendo de la llama, por lo tanto, se debe utilizar la zona de la llama en que la absorbancia



sea la más elevada. El ajuste de la posición de la llama, por ende, el quemador, es un ajuste crítico para asegurar la efectividad del análisis (Bermejo & Moreno, 2014).

La selección de la combinación combustible-oxidante depende de la temperatura necesaria para realizar la disociación de los compuestos y de las características químicas de las muestras. Generalmente se usa la combinación Aire-Acetileno ya que la temperatura generada es aplicable en una amplia gama de elementos y la interferencia es mínima.

### Generador de hidruros

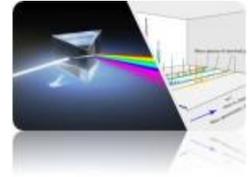
La técnica de generación de hidruros se aplica a las muestras que contienen los siguientes elementos: Arsénico (As), Antimonio (Sb), Estaño (Sn), Selenio (Se), Bismuto (Bi) y Plomo (Pb). Es un método que mejora los límites de detección de estos elementos tóxicos y además previene la propagación de gases tóxicos.

El método consiste en agregar a una disolución ácida de la muestra un volumen definido de Borohidruro de sodio al 1%. Luego el gas producido es transportado a la cámara de atomización por un gas de arrastre (en nuestro caso Nitrógeno). Esta cámara de atomización es de un tubo de vidrio que se coloca sobre el quemador (Skoog, Holler, & Nieman, 2001).



Figura #9. Aditamento para el EAA 240FS para la generación de hidruros.  
Fuente: (Agilent Technologies Australia, 2016)

El mercurio, por ser el único elemento metálico con una presión de vapor que se puede apreciar a temperatura ambiente, puede ser analizado con la técnica de atomización en vapor frío. En esta técnica, el mercurio se transforma en  $\text{Hg}^{2+}$  al hacerse reaccionar con una mezcla oxidante de ácido sulfúrico y ácido nítrico para luego ser reducido a  $\text{Hg}^0$  con  $\text{SnCl}_2$ . Luego se continúa con el método de



generación de hidruros sin necesidad de llama para su determinación (Skoog, Holler, & Nieman, 2001).

## Fuentes de radiación

Dadas las limitaciones de la técnica de espectrometría de absorción atómica utilizando fuentes de radiación continua, es necesario la utilización de fuentes de radiación que emitan una sola línea espectral. Por esta razón, es necesario contar con una fuente de radiación para cada uno de los elementos analizados (Bermejo & Moreno, 2014).

Las fuentes generalmente usadas son:

- a. Lámpara de cátodo hueco
- b. Lámpara de descarga sin electrodos

Las lámparas de cátodo hueco (HCL) contienen un ánodo de Tungsteno (W) y un cátodo encerrados en un cilindro de vidrio lleno con neón o argón a una presión muy baja (1 a 5 torr). El cátodo está compuesto por el elemento que se va a analizar. Al aplicar un voltaje de 300 V el gas inerte se ioniza y los cationes adquieren suficiente fuerza para producir una nube atómica (proceso llamado chisporroteo) y al excitarse y volver a su estado basal emiten su radiación característica hacia la muestra (Skoog, Holler, & Nieman, 2001). Este proceso hace que porciones del metal se adhieran al punto adquisidor provocando que la lámpara se vaya gastando.

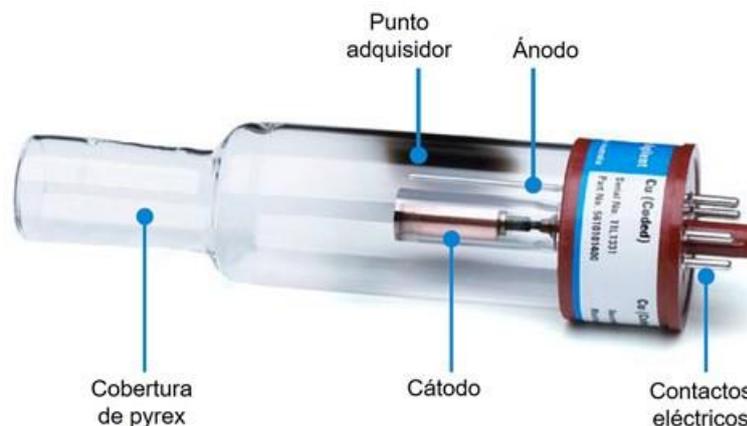
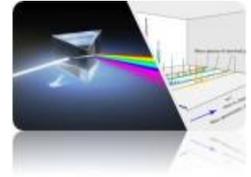


Figura #10. Lámpara de cátodo hueco. Fuente: (Agilent Technologies Australia, 2016)



Para analizar cada elemento se debe contar con su lámpara respectiva. Muchos espectrómetros tienen un torrete con una cantidad definida de lámparas (4 u 8), en el caso del espectrómetro Agilent 240FS tiene 4 lámparas alineadas y fijas. Este equipo puede realizar el análisis de 4 elementos al mismo tiempo con su función “fast sequential”, que permite en una sola aspirada analizar todos los elementos.

Las lámparas de descarga sin electrones (EDL) está compuesta por un tubo de cuarzo cerrado que contiene un gas inerte (argón) a baja presión y una pequeña cantidad del elemento a analizar. Para activarla se utiliza un campo radiofrecuencias o microondas que aceleran los iones del gas con el propósito de excitar los átomos del metal y que emitan radiación. Estas lámparas son más costosas y más duraderas que las HCL, pero solo son de elementos fácilmente volatilizables (Se, Sb o Sn) por lo que en la actualidad no son muy utilizadas. (Bermejo & Moreno, 2014)

## Monocromador y Detector

El monocromador es un “dispositivo óptico que descompone una radiación policromática, dispersando las diferentes longitudes de onda que la forman, a partir de las cuales se puede seleccionar una radiación de la longitud de onda deseada” (Bermejo & Moreno, 2014:41). La función de este componente es descomponer la luz blanca en las diferentes longitudes de onda para luego seleccionar la longitud a ser analizada (Bermejo & Moreno, 2014).

Hay dos tipos de monocromador: de prisma o de red. Los componentes de estos dos tipos se pueden observar en la figura #11.

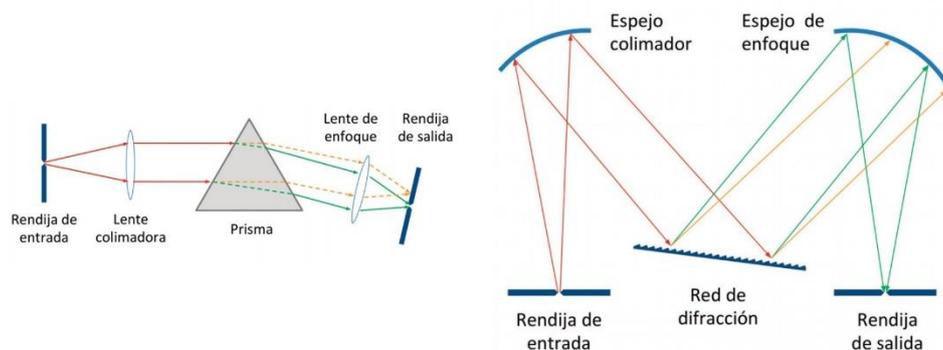
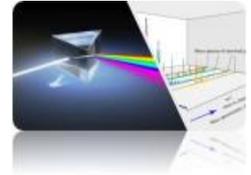


Figura #10. Monocromador de prisma (izquierda) y de red (derecha). Fuente: (Bermejo & Moreno, 2014)



El detector es un tubo fotomultiplicador y es el encargado de realizar los cálculos necesarios para identificar cualitativamente los elementos de estudio, en una muestra específica; mide la intensidad de la radiación que pasa por la muestra (absorbida) y la radiación original. Da como resultado la concentración en ppm (partes por millón) de la muestra.

## V. IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS Y CURVAS DE CALIBRACIÓN

Para determinar la cantidad de un elemento en la muestra se debe seguir la siguiente secuencia de pasos:

- a. Preparación de la muestra: en este paso se debe definir la forma de tratar la muestra. Si la muestra es líquida se estudia la posibilidad de aspirar la muestra directamente en el atomizador. Si la muestra es orgánica, se realiza una calcinación (550 °C por 48 horas) y luego se disuelve en un disolvente apropiado para la determinación (generalmente se usa  $\text{HNO}_3$  y en algunos casos  $\text{HCl}$  y se lleva a un volumen determinado (en un balón aforado). Una vez que la muestra está disuelta se filtra y se prepara para su aspiración.
- b. Seleccionar las condiciones de trabajo del aparato: se debe seleccionar el tipo de llama (combinación del combustible y el oxidante), altura del quemador, velocidad de aspiración (generalmente de 7 a 10 mL por minuto), el paso de la banda espectral (slit), la intensidad de la lámpara de cátodo hueco, los parámetros del sistema de detección (Bermejo & Moreno, 2014).
- c. Creación de una curva de calibración: es necesario preparar estándares de concentración conocida y preparar una curva de calibración donde se relaciona la señal obtenida por el detector y la concentración del elemento de estudio. El primer paso es determinar aproximadamente los límites de detección del elemento y luego escoger los puntos de la curva de calibración. Se preparan los estándares y se procede a leer cada uno hasta obtener una curva lo más ajustado posible con un coeficiente de correlación de al menos 0,98

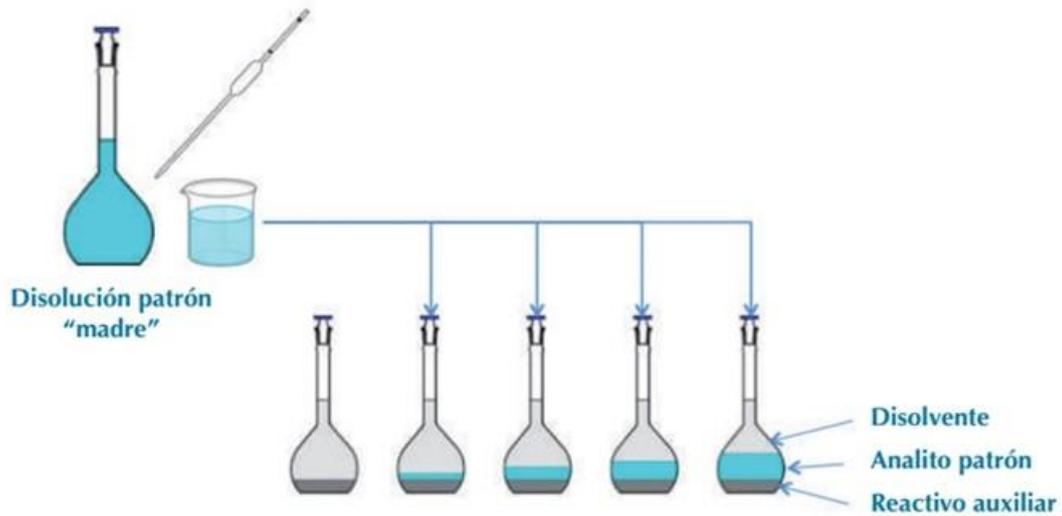
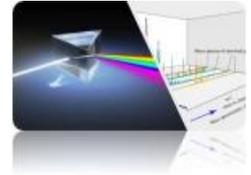


Figura #11. Preparación de disoluciones patrón. Fuente: (Bermejo & Moreno, 2014)

- d. Se determina la concentración de la muestra utilizando la ecuación de la recta ( $y = a + b \cdot x$ ) calculada a partir de la curva de calibración. En caso de que la muestra quede fuera del ámbito de la curva se procederá a realizar una disolución.

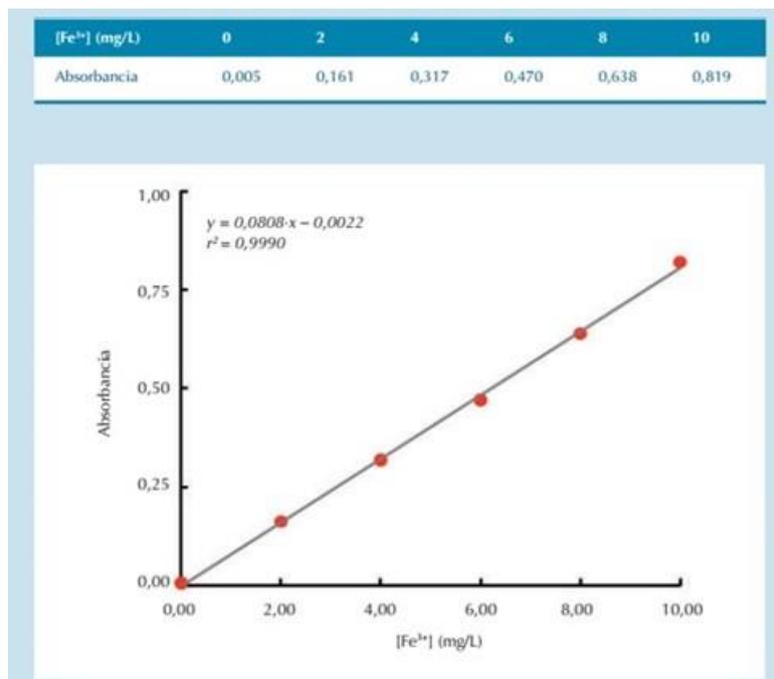
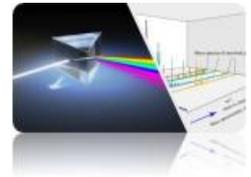


Figura #12. Curva de calibración. Fuente: (Bermejo & Moreno, 2014)



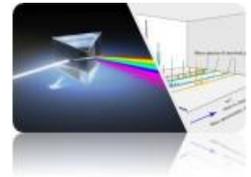
En algunas determinaciones se pueden presentar interferencias de tres tipos diferentes:

- e. Espectrales: las más comunes son las de absorción de fondo y se da por que las bandas de absorción del combustible o del oxidante o de la matriz se encuentran dentro del rango de detección de elemento a analizar. Una forma de corregir esta interferencia es utilizando una lámpara de Deuterio como fuente de radiación continua (Bermejo & Moreno, 2014).
- f. Químicas: generalmente se dan por una atomización incompleta del analito ya que queda formando parte de un compuesto. Estas interferencias se pueden controlar a través de la temperatura de la llama, agregando un “agente liberador” o incluyendo la interferencia en la curva de calibración (Bermejo & Moreno, 2014).
- g. Ionización: se da cuando la temperatura de atomización es muy alta o cuando se pierden electrones más exteriores. Se puede evitar agregando un supresor de ionización (Bermejo & Moreno, 2014).
- h. Físicas: se producen en la atomización por llama y se relaciona con la forma en que se transporta hacia la llama.

## VI. MANTENIMIENTO GENERAL DEL EQUIPO

Diariamente se deben realizar las siguientes actividades (Agilent Technologies Australia, 2016):

- a. Verificar que el Sistema de extracción tenga una extracción positiva
- b. Verificar los niveles de presión del gas combustible y del oxidante
- c. Verificar que no existan fugas en las tuberías o uniones
- d. Vaciar el depósito de desechos (recordar que se deben seguir los procedimientos establecidos para estos desechos, especialmente por tratarse de metales)
- e. Limpiar el instrumento: la superficie, las ventanas y los filtros del compresor.
- f. Limpiar el quemador: con una sustancia no abrasiva y asegurarse que no queden restos del limpiador en la línea de salida de la llama.
- g. Asegurarse que la trampa de líquido, en la cámara de atomización, este llena.



## REFERENCIAS

- Agilent Technologies Australia. (2015). *Flame Atomic Absorption Spectrometry Analytical Methods*. Victoria, Australia: Agilent Technologies Australia.
- Agilent Technologies Australia. (2016). *Agilent 240/280 Series AA (including Zeeman) User's Guide*. Malaysia: Agilent Technologies Australia [M] Pty.
- Alvarado, A., & Barquero, M. (2008). *Análisis Químico Instrumental*. San José, C.R.: Editoria UCR.
- Bermejo, R., & Moreno, A. (2014). *Análisis Instrumental*. Madrid, España: Editorial Síntesis.
- Skoog, D. A., Holler, F. J., & Nieman, T. A. (2001). *Principios de Análisis Instrumental*. Madrid: McGRAW-HILL /Interamericana de España S.A.
- Willard, H., Merrit, L., & Dean, J. (1980). *Metodos Instrumentales de Análisis*. Distrito Federal, México: Compañía Editorial Continental.



## Lección: Componentes del AA 240FS

Espectrometría de emisión: En este tipo de análisis la llama excita a los electrones de la muestra y el detector mide la cantidad de luz emitida cuando los electrones vuelven a su estado basal:

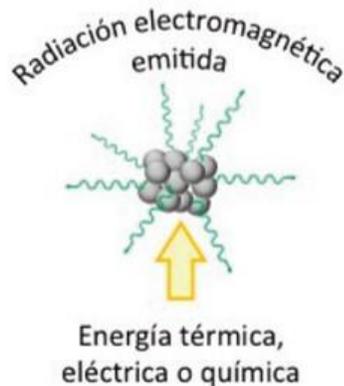


Figura #1. Emisión. Fuente: (Bermejo & Moreno, 2014)

Espectrometría de absorción: En este tipo de análisis se mide la energía absorbida por los electrones de la muestra. Esta energía es producida por una lámpara de cátodo hueco con la misma longitud de onda del elemento analizado:

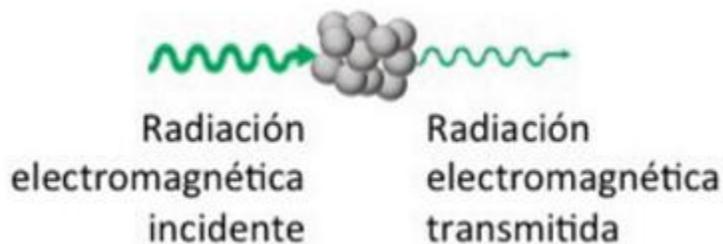
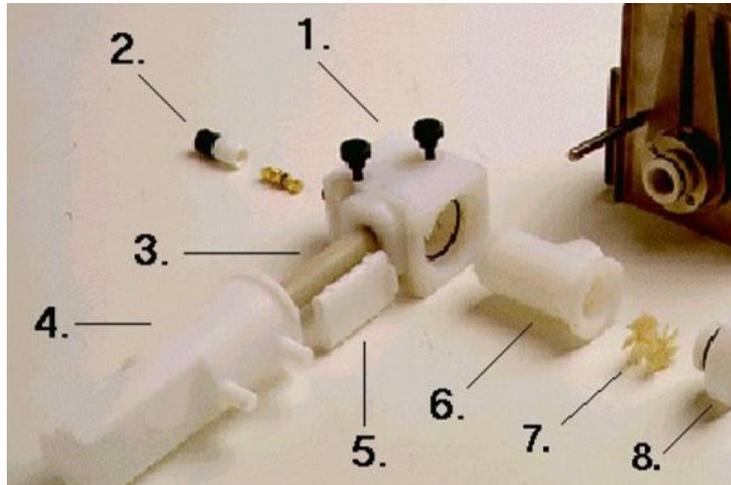


Figura #2. Absorción. Fuente: (Bermejo & Moreno, 2014)

Espectrómetro de Absorción Atómica

El espectrómetro Agilent 240FS es un espectrómetro de doble haz y tiene los siguientes componentes:

- Sistema de atomización: es el sistema encargado de atomizar la muestra, o sea separar los compuestos en sus átomos originales para poder analizar el elemento buscado. Tiene las siguientes partes:



Fuente: (Agilent Technologies Australia, 2016)

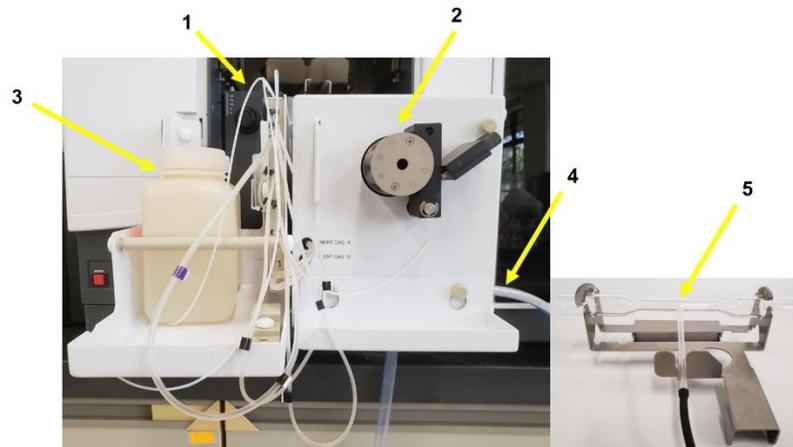
- |                     |                                  |
|---------------------|----------------------------------|
| 1 Bloque            | 5 Boya                           |
| 2 Nebulizador       | 6 Cámara rociadora               |
| 3 Tubo de drenaje   | 7 Paletas de mezcla              |
| 4 Trampa de líquido | 8 Tapón de liberación de presión |

- Fuentes de calor: para obtener el calor necesario para realizar la atomización, el sistema Agilent 240FS cuenta con un quemador de llama que llega a una temperatura de aproximadamente 2300 ° con una mezcla de gases de acetileno y aire.



Fuente: (propia, 2018)

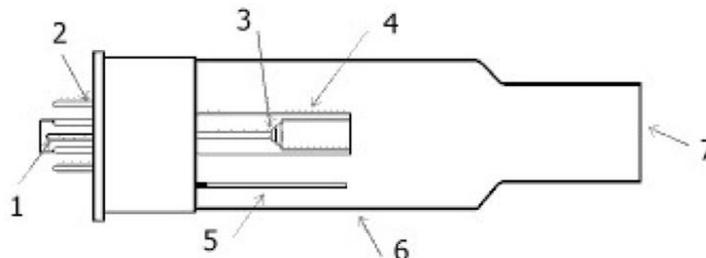
- **Generador de hidruros:** VGA77 es el generador de hidruros que permite determinar cuantitativamente mercurio, arsénico, selenio y otros elementos que puedan formar hidruros con el propósito de obtener una forma más volátil del elemento. La muestra se coloca en el frasco diseñado para ese fin y la bomba del VGA 77 lo pasa a través de del frasco de reacción dónde se acidifica con HCl 10 M y se hace reaccionar con  $\text{NaBH}_4$  en NaOH 0,5% m/v. Luego el vapor generado se transfiere a la celda de atomización para seguir el proceso en el AA 240FS. En este proceso se utiliza como gas de arrastre el Nitrógeno o el Argón:



Fuente: (propia, 2018)

- |   |  |   |                                 |
|---|--|---|---------------------------------|
| 1 | Capilares para ácido, reductor y muestra | 4 | Alimentación de gas de arrastre |
| 2 | Bomba peristáltica                       | 5 | Celda de atomización            |
| 3 | Frascos para ácido, reductor y muestra   |   |                                 |

- **Fuentes de radiación:** la principal fuente de radiación utilizada en el AA 240FS es la lámpara de cátodo hueco. Sus partes son:



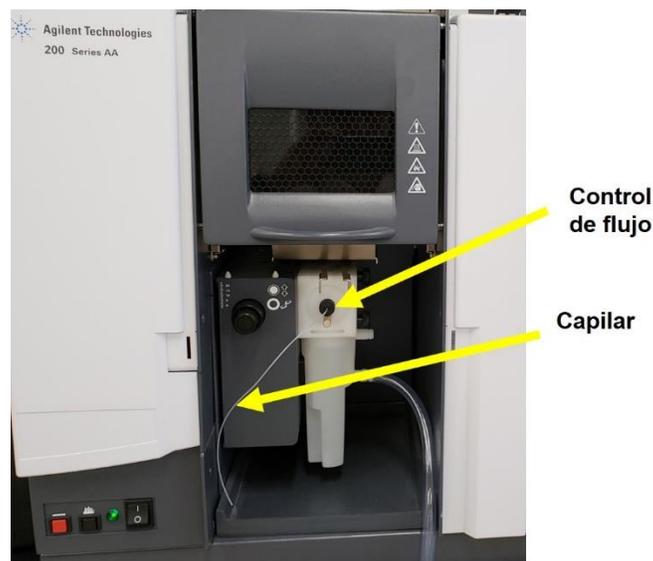
Fuente: (Agilent Technologies Australia, 2016)

1	Pines de guía	4	Escudo de vidrio
2	Pines de conexión	5	Ánodo
3	Cátodo	6	Cubierta de vidrio
		7	Ventana de cuarzo

- Monocromador y detector: El Agilent 240FS cuenta con monocromador de red tipo Czerny-Turner que se autocalibra a 250 nm con un driver de micropasos para mejorar la resolución. Además, el detector es un tubo fotomultiplicador, tipo R446, con un alto rendimiento en la eliminación del ruido y una selección automática de apertura desde 0,2, 0,5 y 1,0 nm.

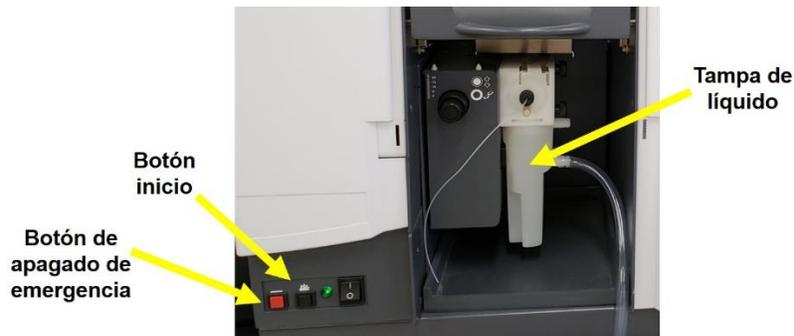
Cada componente tiene su inicialización al arranque del equipo, una vez realizada esta inicialización el funcionamiento de cada componente es el siguiente:

- Nebulizador: el nebulizador debe aspirar la muestra y los estándares de 7 a 10 mL por minuto. Lo primero que se debe hacer es verificar que la sustancia se está aspirando a través del capilar. La verificación de este flujo se realiza antes de cada inicio de análisis utilizando una probeta con agua destilada. Si no se está aspirando ningún líquido se debe verificar que el capilar no esté obstruido, si esto ocurre debe usarse un alambre de cobre para liberar el capilar, en caso de que no se pueda liberar la obstrucción se debe cambiar el capilar. Si el flujo no es el correcto se deberá hacer las correcciones necesarias utilizando el ajuste del flujo en el nebulizador:



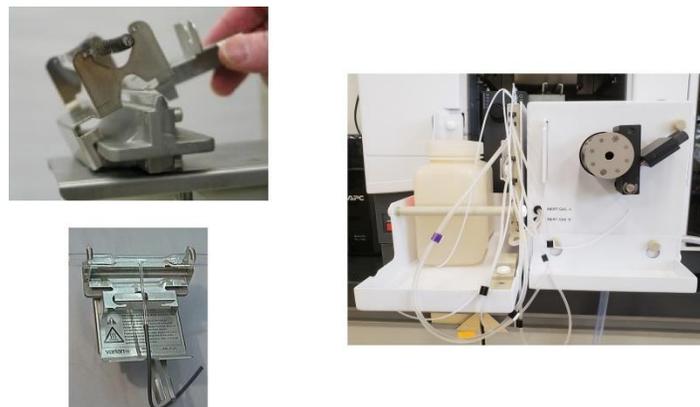
Fuente: (propia, 2018)

- Control de la llama: Se debe iniciar la llama utilizando el botón de inicio de la llama luego de verificar los requisitos de seguridad de encendido de la llama: presión del aire (65 ~ 70 psi), del acetileno (13 psi) y la trampa de líquido con suficiente agua destilada. En caso de emergencia o de alguna falla del equipo se debe utilizar el botón de apagado de emergencia de la llama:



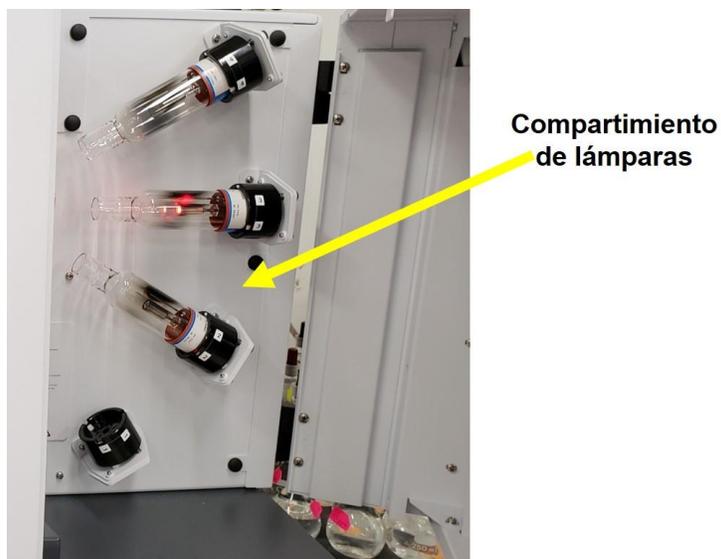
Fuente: (propia, 2018)

- Generador de hidruros: Antes de iniciar la operación del VGA 77 se debe revisar las conexiones de los gases, preparar la solución ácida, la reductora, la muestra y colocarlas en los frascos correspondientes. La presión del gas de arrastre, en nuestro caso el Nitrógeno, debe ser de 50 psi. Se coloca la celda de muestra sobre el quemador y el generador de hidruros al frente del AA240 FS. Luego se accesa el SpectraAA y se configura para el análisis por generación de hidruros:



Fuente: (propia, 2018)

- Lámparas de cátodo hueco: Una vez definido el o los elementos a analizar se colocan las lámparas correspondientes en el compartimiento de las lámparas. Luego se debe verificar la intensidad de la lámpara utilizando el procedimiento de afinamiento de método (explicado en la clase #2). Es importante recalcar que las lámparas son delicadas y que no deben manipularse con las manos sucias ni se debe tocar la ventana de cuarzo ya que manchas de grasa pueden obstaculizar el paso de la luz.



Fuente: (propia, 2018)

### Fuentes de consulta

Agilent Technologies. (2016, Mar). *The Fundamentals of Spectroscopy: Theory*. Australia. Retrieved from Agilent: <https://www.agilent.com/>

Agilent Technologies Australia. (2016). *Agilent 240/280 Series AA (including Zeeman) User's Guide*. Malaysia: Agilent Technologies Australia [M] Pty.

Bermejo, R., & Moreno, A. (2014). *Análisis Instrumental*. Madrid, España: Editorial Síntesis.

## Lección: Inicio de operación AA 240FS

Para iniciar la operación del equipo Agilent 240FS lo primero que debe hacerse encender el sistema extractor del quemador, luego se inicia el equipo presionando el botón de encendido. Luego se procede a iniciar el sistema de cómputo e iniciar la aplicación SpectrAA.

Antes de iniciar el proceso de análisis se debe verificar que el sistema de alimentación de gases esté funcionando debidamente y que la presión, tanto del aire como del acetileno estén en los rangos permitidos.

Para verificar el sistema extractor se puede utilizar un pañuelo de papel y colocarlo cerca del sistema extractor para verificar que el aire se esté extrayendo.

Un proceso que se debe realizar es la verificación u optimización del quemador. En este proceso se ajusta la posición del quemador para que se registre la mayor señal. Esto se logra a través de las perillas para mover el quemador para adelante y atrás; además de las tenazas para mover de un lado para otro el quemador.

Y además se debe verificar cada uno de los componentes del sistema:

- Sistema de flujo de gases



Fuente: (propia, 2018)

- Compresor:



Fuente: (propia, 2018)

- Acetileno:



Fuente: (propia, 2018)

- Nebulizador:



Fuente: (propia, 2018)

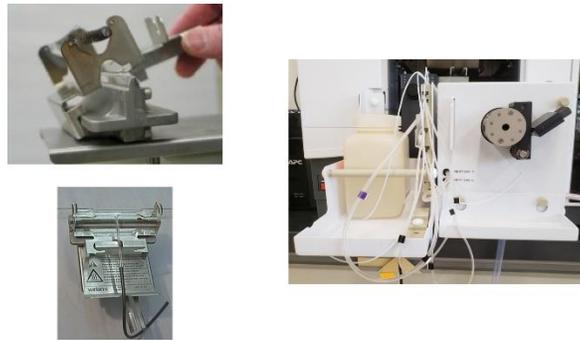
- Quemador



Fuente: (propia, 2018)



- Generador de hidruos



Fuente: (propia, 2018)

- Compartimiento de lámparas



Fuente: (propia, 2018)

- Lámpara de cátodo hueco



Fuente: (propia, 2018)

Luego de revisar cada uno de los componentes se procede a iniciar el software de control, el SpectrAA:



#### Fuentes de consulta

Agilent Technologies. (2016, Mar). The Fundamentals of Spectroscopy:Theory. Australia. Retrieved from Agilent: <https://www.agilent.com/>

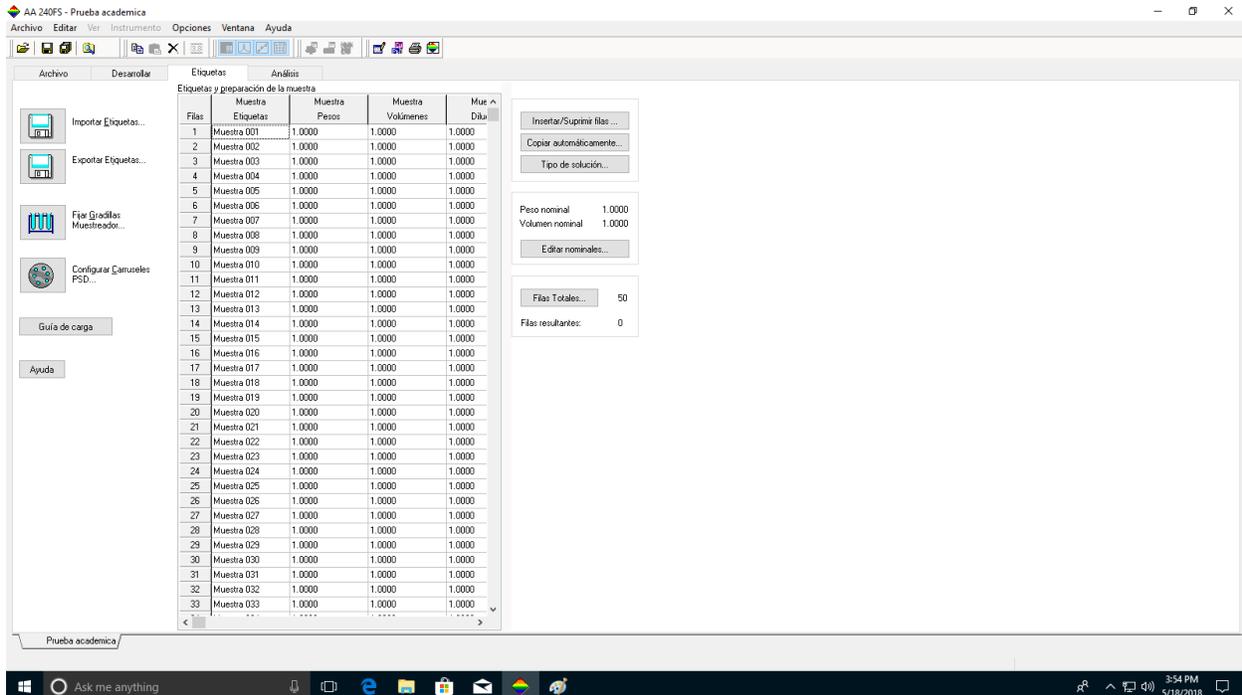
Agilent Technologies Australia. (2016). *Agilent 240/280 Series AA (including Zeeman) User's Guide*. Malaysia: Agilent Technologies Australia [M] Pty.

Bermejo, R., & Moreno, A. (2014). *Análisis Instrumental*. Madrid, España: Editorial Síntesis.

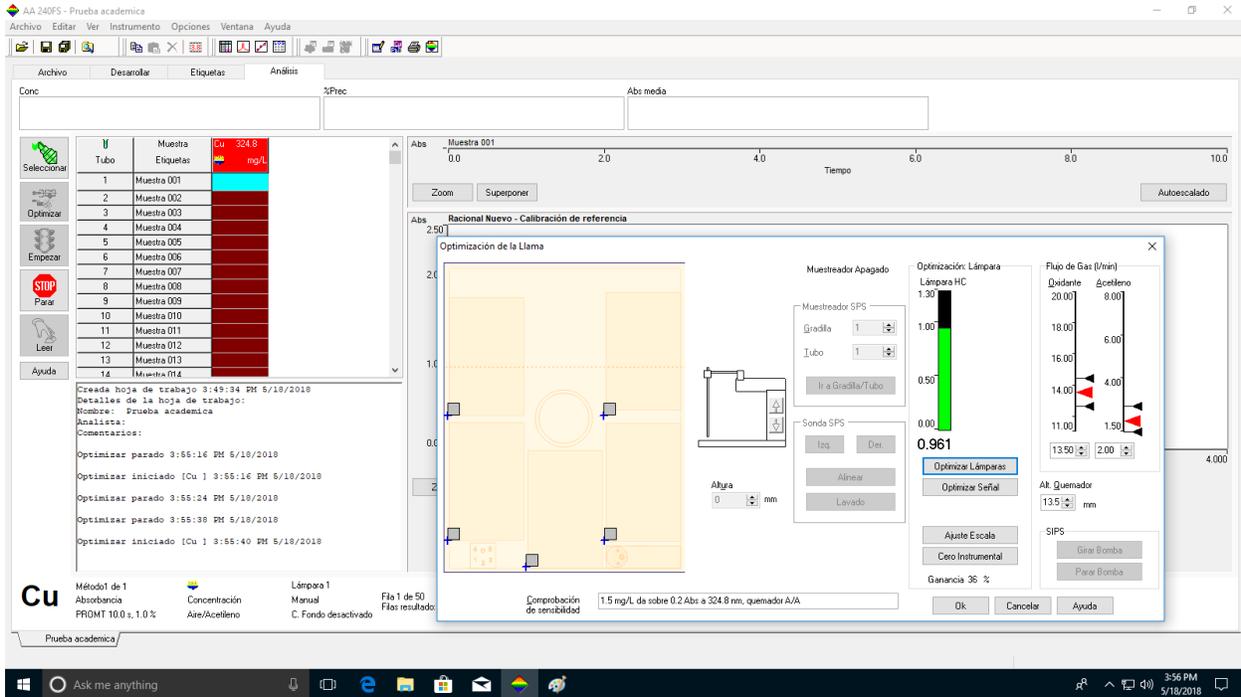
## Lección: Ejecución de métodos

Una vez creado el método se procede a su ejecución. El proceso es el siguiente:

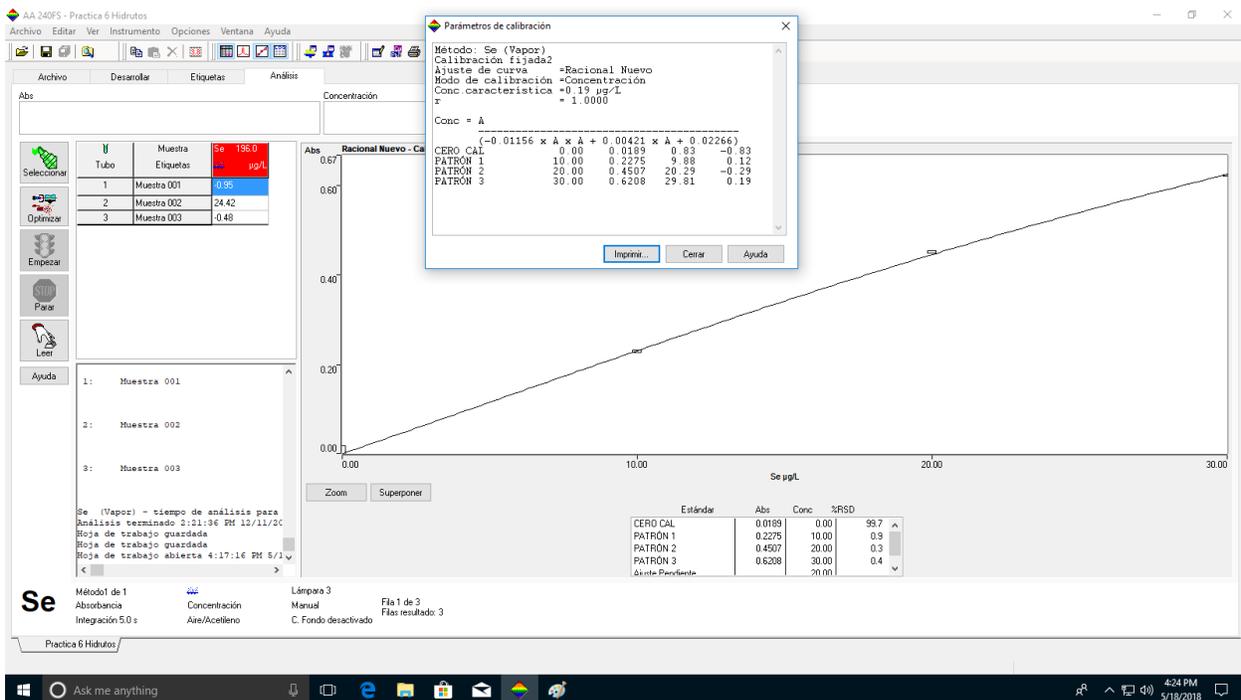
- Definición de las etiquetas de las muestras y los puntos de control



- Optimización del sistema: En este proceso uno de los puntos más importantes es la optimización de la fuente de radiación. Para lograr esto se debe manipular los tornillos de ajuste de las lámparas de cátodo hueco con el propósito de maximizar la señal minimizando la ganancia:

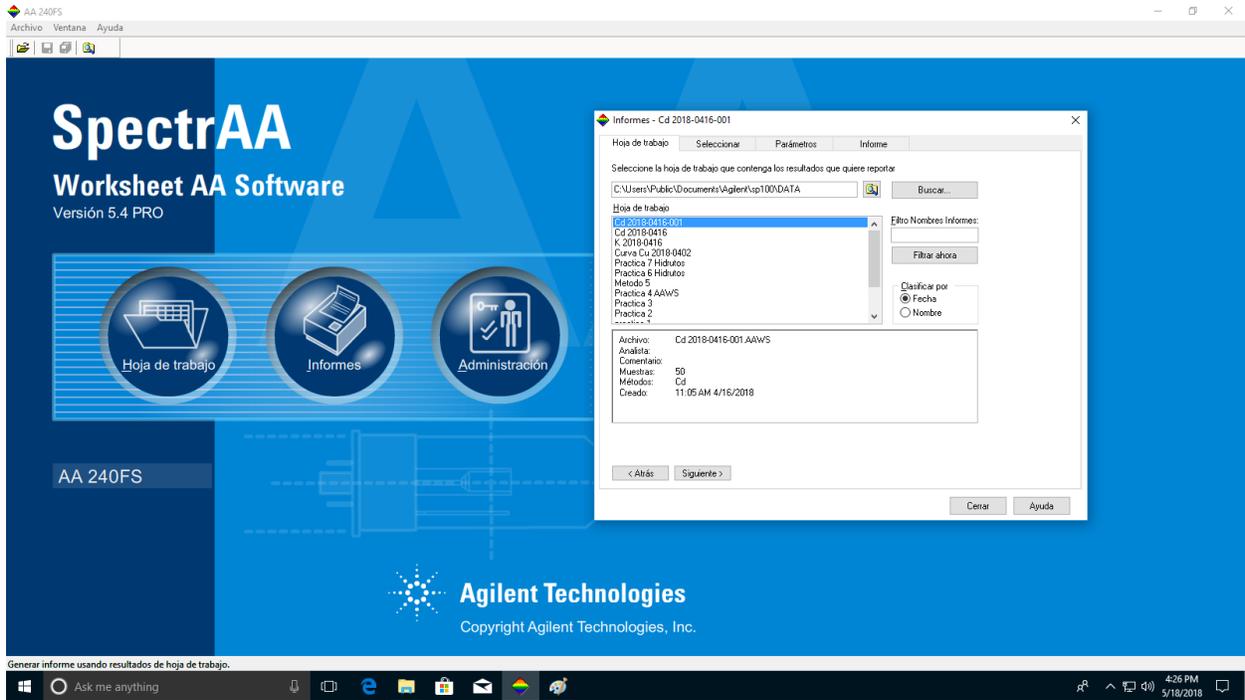


- Se inicia la ejecución del método, construyendo la curva de calibración (obteniendo un coeficiente de correlación mayor a 0,98) y luego analizando la muestra hasta obtener los resultados esperados:

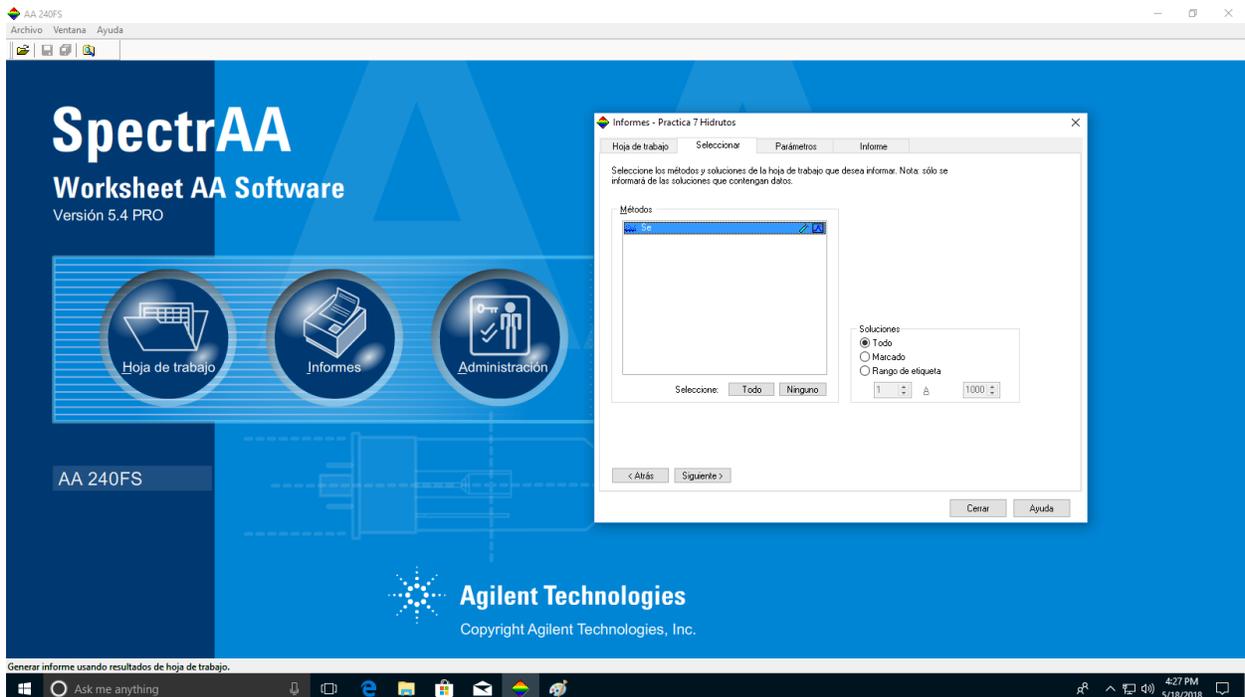


Una vez que se ejecute el método se procede a generar el reporte correspondiente en la opción de informes y luego seguir el proceso para la generación:

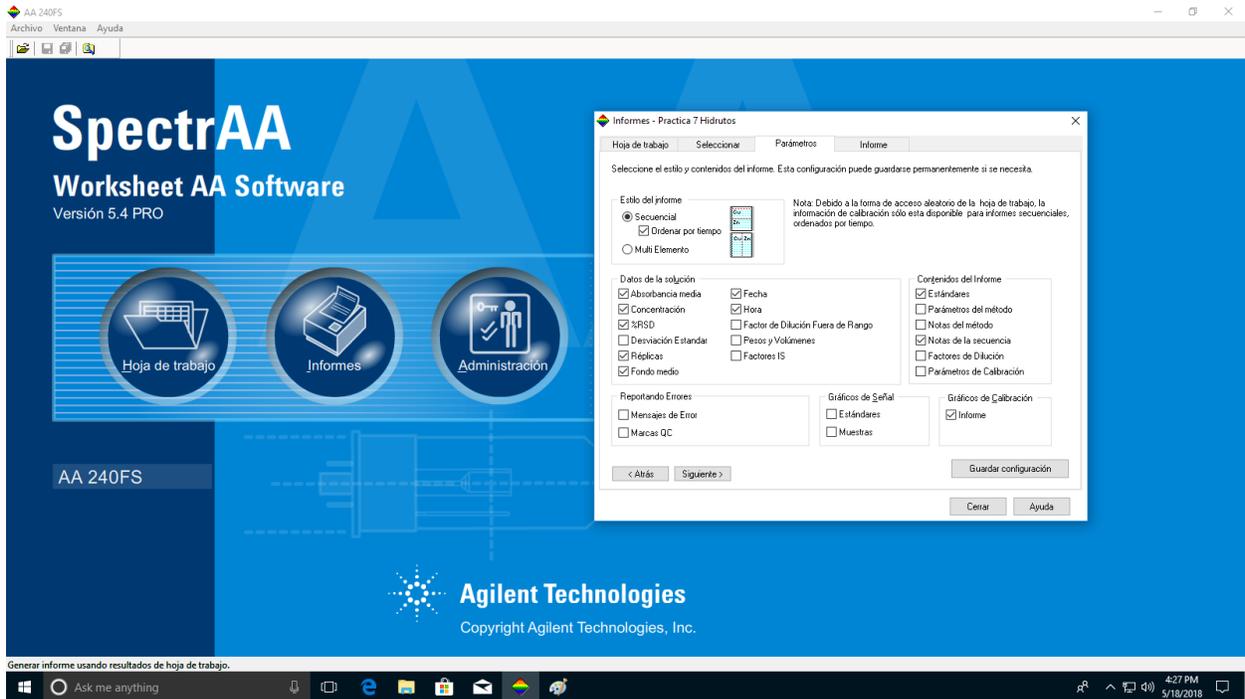
- Seleccionar la hoja de trabajo a reportar



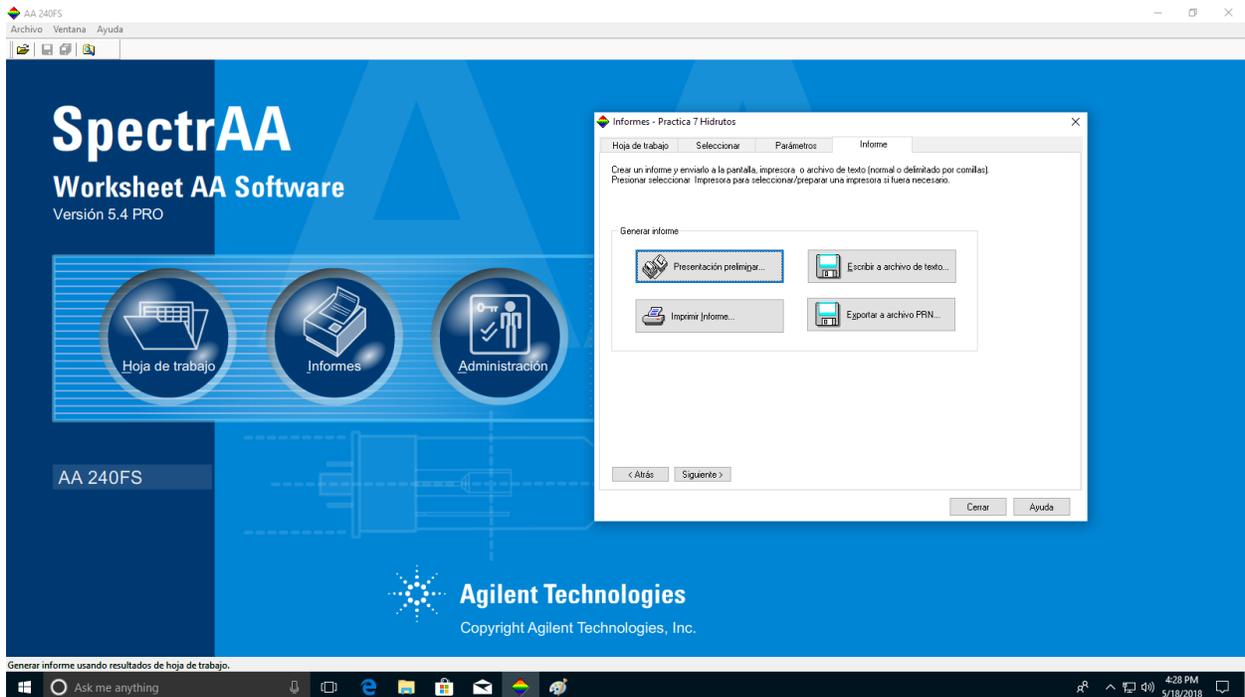
- Seleccionar el método a reportar:



- Se modifican los parámetros según las necesidades de reporte:



- Y por último se selecciona el destino del reporte, ya sea una vista preliminar, enviarlo a una impresora o almacenarlo en un archivo:



## **Fuentes de consulta**

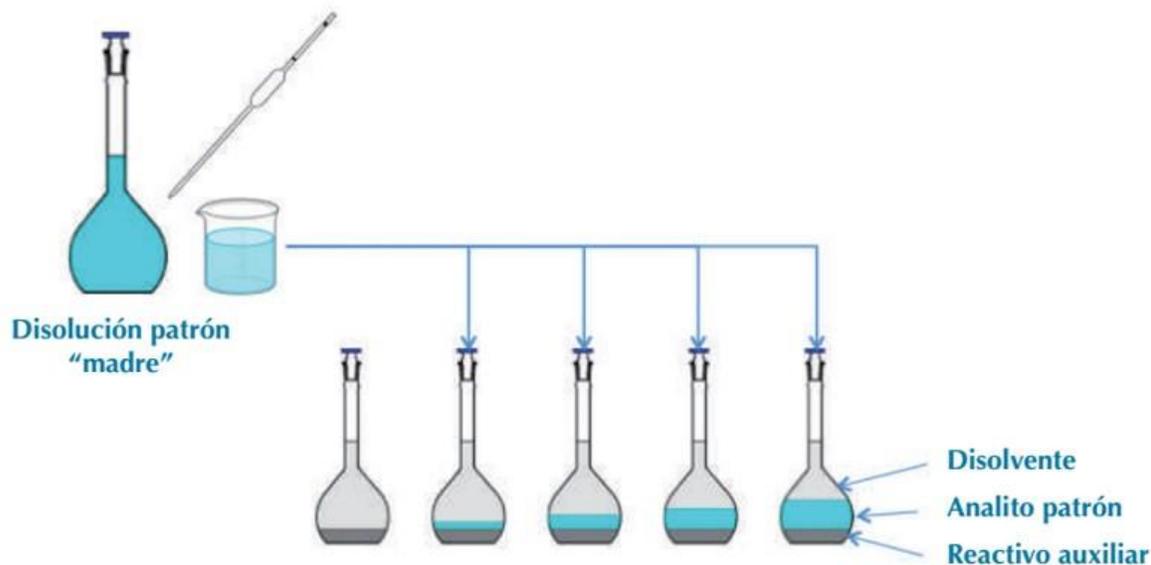
Agilent Technologies. (2016, Mar). The Fundamentals of Spectroscopy:Theory. Australia. Retrieved from Agilent: <https://www.agilent.com/>

Agilent Technologies Australia. (2016). *Agilent 240/280 Series AA (including Zeeman) User's Guide*. Malaysia: Agilent Technologies Australia [M] Pty.

Bermejo, R., & Moreno, A. (2014). *Análisis Instrumental*. Madrid, España: Editorial Síntesis.

## Lección: Curvas de Calibración y Ejecución de métodos

Para implementar un procedimiento de análisis cuantitativo lo primero que debe determinarse son los estándares y sus concentraciones necesarios para obtener una curva de calibración.



Fuente: (Bermejo & Moreno, 2014)

Una forma sencilla es seguir las recomendaciones del recetario (cookbook) que está instalado en el SpectrAA. En este recetario se brinda la siguiente información:

1. Tipo de llama
2. Longitudes de onda de detección del elemento, ordenados de mayor intensidad a menor
3. Anchura automática de la rendija (slit)
4. Concentración en mg/L necesaria para tener una señal de 0,2 abs
5. Intensidad de la lámpara
6. Interferencias, en caso de que existan
7. Parámetros para análisis por emisión
8. Gráfico de calibración

Esta información se puede observar en las siguientes imágenes:



AA 240FS - Prueba académica

Archivo Editar Ver Instrumento Opciones Ventana Ayuda

Archivo Desarrollar Etiquetas Análisis

Métodos de la hoja de trabajo

Matriz del Elemento

Métodos - Método 1 de 1

Tipo/Modo Medida Óptico SIPS Patrones Calibración Muestreador Notas Recetario QCP

Recetario del elemento

Cobre (Cu) N° Atómico 29

Tipo de Llama: Aire/Acetileno

Long. Onda (nm)	Rend. para 0.2 Abs	Conc (ng/L)	Laspl Intensidad
324.8	0.5	1.5	100.0
327.4	0.5	3	87.0
217.9	0.2	15	3.0
222.6	0.2	60	5.0
244.2	1.0	400	15.0
218.2	0.2	15	3.0
249.2	0.5	200	24.0

INTERFERENCIAS  
No se han detectado interferencias para Cobre en llama de aire-acetileno, pero altas relaciones de Zn/Cu pueden reducir la señal. Esto puede eliminarse con el uso de una pobre llama de aire-acetileno o usando llama de nitroso-acetileno.

EMISION DE LLAMA  
Long. Onda 327.4 nm. Rendija 0.2 nm  
Tipo de Llama: Oxido nitroso/Acetileno

Tipo Recetario  
 Notas  
 Gráfico

< Atrás    Siguiente >

Ok    Cancelar    Ayuda

AA 240FS - Prueba académica

Archivo Editar Ver Instrumento Opciones Ventana Ayuda

Archivo Desarrollar Etiquetas Análisis

Métodos de la hoja de trabajo

Matriz del Elemento

Métodos - Método 1 de 1

Tipo/Modo Medida Óptico SIPS Patrones Calibración Muestreador Notas Recetario QCP

Recetario del elemento

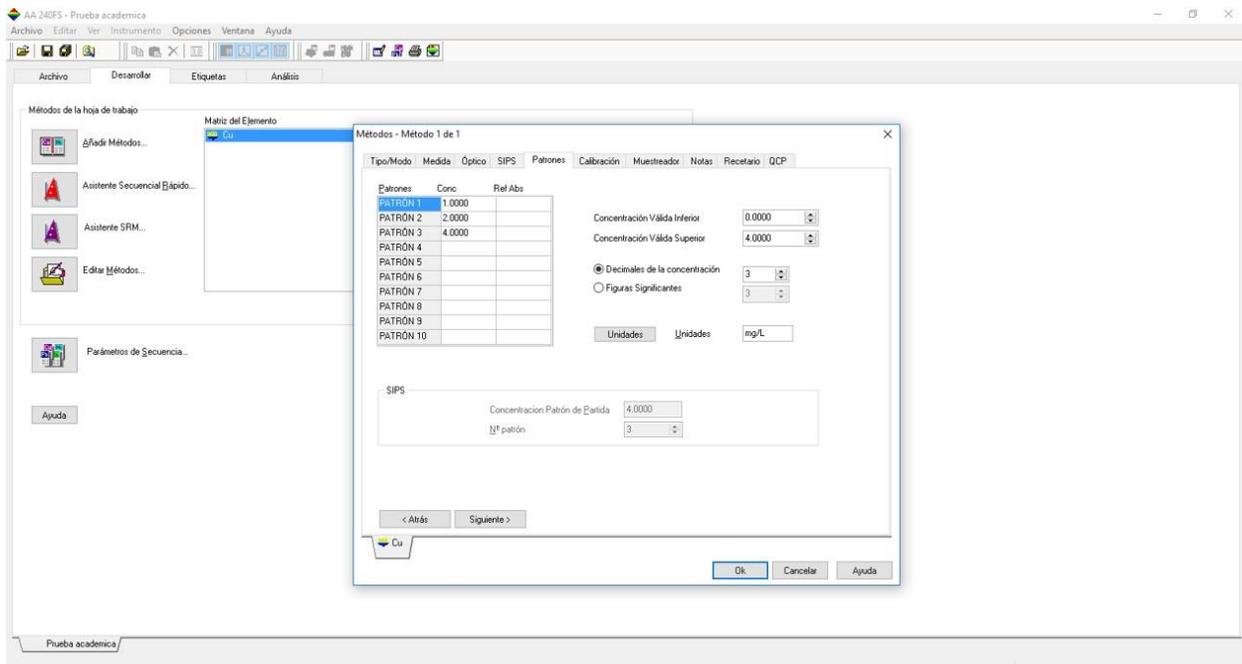
Gráfico de calibración

Tipo Recetario  
 Notas  
 Gráfico

< Atrás    Siguiente >

Ok    Cancelar    Ayuda

A partir de estos datos el sistema define automáticamente los estándares:



En la determinación del tipo de estándar a utilizar es importante recalcar que existen diferentes tipos de patrones, los primarios y los secundarios. En el caso de la técnica de análisis por espectrometría por absorción atómica se trabaja con patrones directos de los metales a analizar. Estos estándares se pueden preparar a partir del metal puro o utilizando algún compuesto. Para asegurarse que el estándar está preparado en forma exacta, se pueden adquirir a fabricantes de productos químicos y solicitar que sean trazables al SRM (Standard Reference Material®) del [NIST \(National Institute of Standards and Technology\)](https://www.nist.gov/).

Una vez que se tiene el patrón estándar, conocido como solución madre, se debe determinar los valores de la curva de calibración. Como se indicó previamente el recetario indica la concentración máxima (mg/L) que se puede obtener en las diferentes longitudes de onda. Este dato es particular a cada metal, por lo que es muy importante tomar en cuenta esta información.

Al contar con la concentración máxima, hay que definir los estándares de la curva de calibración tomando en cuenta el valor aproximado de la muestra. Se definen las concentraciones aproximadas y se procede a su preparación utilizando la fórmula de preparación de diluciones:

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

Donde:

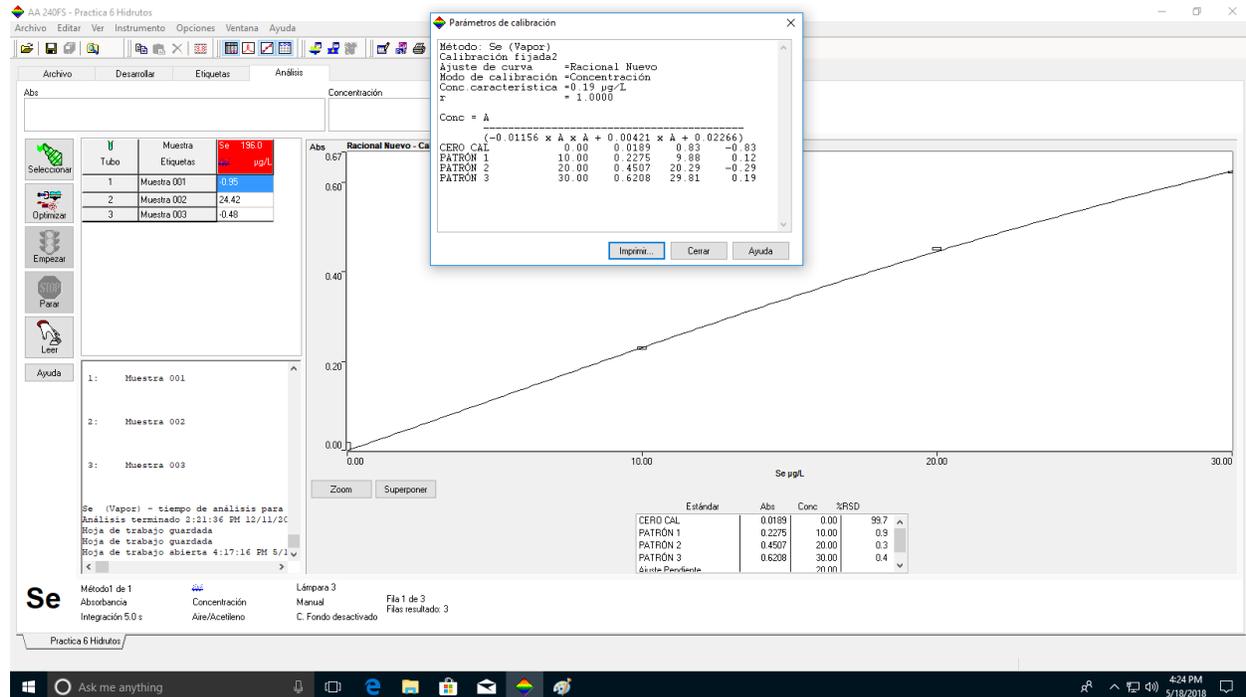
C1 = concentración inicial

V1 = volumen inicial

C2 = concentración final

V2 = volumen final

Todos estos valores deben mantener la misma unidad. Una vez preparado o adquirido el estándar madre (con una concentración calculada o reportada) se procede a calcular las concentraciones de los estándares, para ingresar los datos en el SpectrAA en la opción calibración:



La muestra debe ser calcinada para eliminar todo lo orgánico y que nuestra muestra sea inorgánica. Una vez que se tienen las cenizas se prepara a disolver esas cenizas en un ácido, generalmente HNO<sub>3</sub> o HCl dependiendo de las características del metal a analizar o la preparación de los estándares.

Una vez terminado la preparación de estándares y de muestras se procede a realizar el análisis. Un punto clave en el análisis es la determinación del coeficiente de correlación. Este coeficiente muestra la relación entre absorbancia y concentración, y dado que la curva de calibración está formada por estándares de concentración conocida, este coeficiente debe ser lo más cercano posible a la unidad (1). Generalmente el mínimo aceptado para el análisis se especifica en el método, pero normalmente es mayor o igual a 0,9800.

## **Fuentes de consulta**

Agilent Technologies. (2016, Mar). The Fundamentals of Spectroscopy:Theory. Australia. Retrieved from Agilent: <https://www.agilent.com/>

Agilent Technologies Australia. (2016). *Agilent 240/280 Series AA (including Zeeman) User's Guide*. Malaysia: Agilent Technologies Australia [M] Pty.

Bermejo, R., & Moreno, A. (2014). *Análisis Instrumental*. Madrid, España: Editorial Síntesis.

## CONCLUSIONES

1. Se muestra cómo, de una forma agradable, se puede aprovechar la tecnología disponible en el campus de la UTN, para promover el aprendizaje de estas técnicas y promover la investigación en todas las sedes.
2. La utilización de diferentes actividades tales como foros, cuestionarios, páginas web y recursos multimedia como vídeos, simulaciones facilitan la construcción del conocimiento por parte de los investigadores de tal forma que en el momento de realizar la práctica presencial, tengan el conocimiento teórico para aprovechar al máximo el tiempo y las técnicas.
3. Se logra diseñar e implementar un módulo del curso, Espectrometría de Absorción Atómica, que será puesto a prueba en julio del 2018 para detectar cualquier oportunidad de mejora a ser implementada en el resto de los módulos.