

TUTORIAL ELECTRÓNICO PARA CONSULTA Y/O APRENDIZAJE MULTIDISCIPLINAR Y MULTIPROPÓSITO SOBRE CALIDAD INTERNA EN LABORATORIOS

Yolanda MARTÍN-BIOSCA, Salvador SAGRADO, M^a José MEDINA-HERNANDEZ, Rosa M^a
VILLANUEVA-CAMAÑAS, Laura ESCUDER-GILABERT, Isuha TARAZONA-TERUEL

Facultad de Farmacia, Departamento de Química Analítica

Universidad de Valencia

Resumen

Se ha desarrollado un Tutorial electrónico en formato web con elementos multimedia, de contenido científico-técnico en el marco multidisciplinar de laboratorios de ensayo, que incluye enlaces que vinculan distintos elementos didácticos que potencian la componente audio-visual del material. El tutorial aúna contenido de utilidad técnica para egresados y profesionales y elementos multimedia para la formación de estudiantes y profesores. Los criterios de calidad incorporados (validación de métodos, control de calidad, estimación de incertidumbre) son realistas, pero de aplicación práctica en los laboratorios docentes. Los documentos técnicos desarrollados armonizan los puntos de vista académico y empresarial y pueden servir de modelo para desarrollar nuevos tutoriales en el futuro.

Entre los aspectos que potencia el tutorial destacan la reducción de la presencialidad el proceso enseñanza-aprendizaje, la presentación 'amigable' (enlaces) y directa (presentaciones, fotos, videos, etc.), acceso a información inusual (relacionada con la acreditación de laboratorios), parcial o cara. Globalmente, el tutorial resulta una alternativa para formarse en materia de calidad en laboratorios con una visión académico-profesional a un bajo coste.

Palabras Clave: *tutorial electrónico, multimedia, laboratorio, validación, control de calidad, incertidumbre*

1. Introducción

La universidad va a abordar un cambio de filosofía educativa (ECTS, TIC, armonización con Europa). Uno de los aspectos a considerar es la reducción de la presencialidad como vía para que el alumno participe más en el proceso enseñanza-aprendizaje. La aparición de información electrónica, 'amigable' (acceso a información a través de enlaces), a la vez que más directa (presentaciones, fotos, videos, etc.), puede ser una herramienta complementaria imprescindible para este nuevo reto en la educación superior. Por otro lado, los egresados actuales que pretenden acceder a un puesto de trabajo en entidades o laboratorios involucrados en procesos de calidad, cuentan con medios muy limitados para acceder a información útil en materia de calidad y acreditación de laboratorios. En muchos casos los contenidos presentan información muy parcial, en función del profesorado, y en muchas ocasiones son caros.

El presente Tutorial electrónico, pretende constituir una herramienta de apoyo y de sugerencia de modernización de asignaturas de laboratorio en múltiples titulaciones que incluyen actividades a desarrollar en laboratorios docentes. Concretamente, para incorporar en ellas aspectos clave de calidad interna exigibles en la actualidad a los laboratorios profesionales modernos. El tutorial puede ser además una alternativa para formarse en esta temática con una visión académico-profesional a un bajo coste en relación a otros formatos existentes. La introducción en el sistema de enseñanza-aprendizaje de la Universidad pretende favorecer el autoaprendizaje en técnicas/procesos de laboratorio innovadores (nuevas prácticas) y la reducción de la presencialidad, en el caso de emplearse además en clases teóricas o de aula de informática.

En España la acreditación de laboratorios de ensayo y calibración, LEC, la realiza la Entidad Nacional de acreditación, ENAC, de acuerdo con la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005, tras superar una auditoría [1]. Para ello el personal del LEC debe formarse y/o asesorarse en materia de calidad. Los aspectos técnicos resultan esenciales; así familiarizarse con la validación de métodos, su control de calidad y la estimación de incertidumbre de los resultados de las muestras de ensayo, son fundamentales para un estudiante (que en el futuro pueda incorporarse a la plantilla de una empresa de servicios) o un profesional (con escasa o nula formación en materia de calidad). Por desgracia, en la Universidad (ej. prácticas en los laboratorios docentes universitarios) se consigue en la actualidad una limitada formación sobre esta realidad.

Para un laboratorio profesional (empresa de servicios), destino de muchos egresados, los sistemas de calidad garantizan su competencia técnica y la validez de sus resultados (servicio), pero también mejoran su imagen ante los clientes y optimizan su gestión, lo que redundará en competitividad y beneficio económico.

En la realización del Tutorial se han seguido los criterios de un Manual docente, reciente y de contenido específico sobre el tema de la calidad en los laboratorios [1] y dos publicaciones recientes sobre innovación en aspectos técnicos para armonizar los elementos de calidad internos en los laboratorios [2, 3]. En la adaptación del ejemplo de aplicación (Determinación de la dureza del agua potable) se ha seguido el propio Manual de prácticas que actualmente emplean los alumnos [4] y dos Manuales sobre métodos de análisis de aguas, que incluyen dicha determinación [5, 6].

2. Metodología

2.1 Primera fase: Planificación del Tutorial e identificación de palabras clave

Se realizó un Plan de acción que coordinaba todo el proyecto: Dicho plan comenzó con una reunión inicial del personal del proyecto para planificar el índice y los elementos multimedia que formarían parte de la misma, bajo el prisma de la doble función: formativa y técnica. Se asignaron los responsables de la misma y los que actuarían como auditores internos (detectar errores y ambigüedades), creando los correspondientes calendarios de seguimiento de las distintas metas del proyecto.

Se redactó el texto principal del Tutorial, estructurándola en cuatro partes, siguiendo la filosofía de los documentos de los sistemas de calidad: Objeto, Alcance, Referencias y Contenido.

En el contenido (o mediante enlaces cuando resultara oportuno), se haría referencia a los aspectos formativos generales: Calidad en el laboratorio, Acreditación de laboratorios, Norma ISO 17025, Cualimetría (Análisis de datos) y toma de decisiones. Desde el punto de vista técnico, se contemplarían tres aspectos básicos:

- Validación interna de métodos (Características del método. Criterios de validación y estrategias de validación)
- Control de calidad (Gráficos de control)
- Incertidumbre (Fuentes y estimación de la incertidumbre)

Finalmente, se identificarían las palabras clave que deben servir para crear enlaces al resto de elementos (textos adicionales tipo, protocolos, registros y procedimientos normalizados de trabajo, anexos técnicos como instrucciones técnicas tabuladas, gráficos, hojas excel preprogramadas para introducir datos personalizados por parte del usuario, presentaciones en 'power point', fotos, videos).

2.2 Segunda fase: Desarrollo de materiales y verificación vía auditoría interna/externa

En una segunda fase, se desarrollarían los textos adicionales, hojas excel, presentaciones power-point, fotos y videos que debían 'enlazarse' al texto principal (y/o entre sí cuando fuera oportuno).

Las actividades incluirían la redacción de textos en 'Word' (portada, índice, contenido, textos adicionales), creación de hojas 'Excel' preprogramadas para introducción de datos por el estudiante/usuario, desarrollo de presentaciones 'Power-point' con animaciones (que incluyen demostraciones de uso de software comercial, tipo 'Statgraphics', para ANÁLISIS DE VARIANZA, ANOVA), uso de software avanzado, ej. 'MATLAB', para adaptación de gráficos a la toma de decisiones, toma y edición de fotografías, captura y edición de videos. Enlace vía vínculos de todos los elementos.

Al tratarse de un proyecto pionero, se consideró razonable abordar en primer término una de las actividades más frecuentes en los laboratorios docentes de la universidad de Valencia (ej. Facultades de Química y de Farmacia), pero también presente en los laboratorios de análisis de agua de rutina, como el de la determinación de la dureza del agua (parámetro de control de calidad del agua exigido por la legislación española y europea). En este caso se aplicarían estrategias de estadística univariante (ej. ANOVA, Intervalos de confianza) para armonizar el conjunto de estadísticos de calidad interna y la toma de decisiones.

Finalmente, el asesor externo verificaría la idoneidad técnica del Tutorial y el coordinador la adecuación docente de la misma, así como la armonización entre los distintos elementos. Por último, un becario (alumno de los últimos cursos y recién licenciado) examinaría el Tutorial sin ningún tipo de orientación previa, a fin de obtener el 'punto de vista' del alumno en el caso más desfavorable (consulta no presencial). Las no conformidades técnicas y las ambigüedades o dificultades encontradas, serían finalmente subsanadas.

2.3 Tercera fase: Puesta del material en formato definitivo

Se unificaría el formato de todo el material para ser implementado en soporte web. Un becario, de perfil informático y multimedia, colaboraría en dicha tarea.

3. Resultados y discusión

La Figura 1 muestra la primera hoja del Tutorial en formato web definitivo. Está confeccionada, al igual que el resto de páginas, con un formato equivalente al de los Procedimientos Normalizados de Trabajo (PNT) de un sistema de calidad en un laboratorio, por lo que en sí mismo el documento sirve de modelo del sistema documental que exigen los auditores en las auditorías de acreditación, además de servir de tutorial para un aprendizaje con una menor carga de presencialidad. Los elementos del índice están en forma de hipertexto, por si es necesario un acceso directo a una parte concreta de la información.

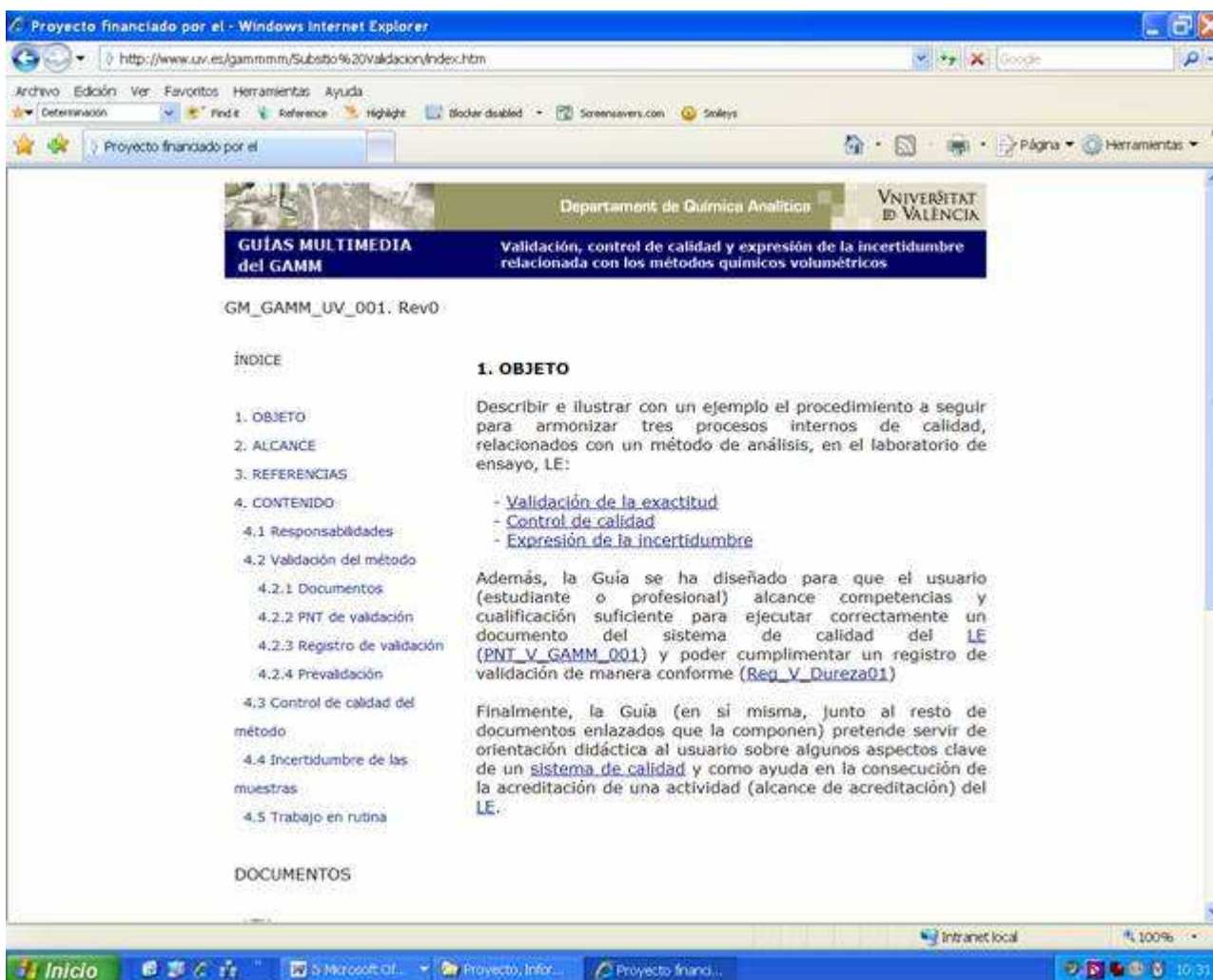


Fig.1 Página inicial del texto guía que permite el acceso a la información contenida en los items que aparece desglosada a la derecha (ej. trabajo presencial/semipresencial; modo 'libro de texto electrónico' para trabajo en clase).

Como núcleo central, base para cubrir el objetivo de formación técnica, se incluyen dos documentos técnicos, compatibles con un sistema de calidad:

- PNT de validación (Procedimiento para armonizar los procesos de validación de la exactitud, control de calidad y expresión de la incertidumbre), que en sí mismo sirve como modelo de documento acreditado.
- Registro de validación interna, compatible con clases teóricas y de aula de informática, además de servir de Informe de resultados obtenidos en los laboratorios experimentales que realicen prácticas centradas no solo en obtener resultados de ensayo, sino, además, validar y controlar la calidad del método empleado para generar dichos ensayos.

En la Figura 2 se muestran los documentos de acceso directo a través de la página inicial. Dichos elementos son instrucciones, nomenclatura, hojas preprogramadas y presentaciones. Están diseñados para minimizar las ambigüedades y potenciar la disminución de presencialidad a la hora de acceder al Tutorial. Finalmente, otro aspecto que se ha potenciado es la visualización. Reconociendo que por la falta de una correcta formación en materia de calidad ciertos aspectos técnicos puedan resultar difíciles de asumir, particularmente por los alumnos, se han compatibilizado los mismos con ejemplos reales (fotos y videos, tomados en los propios laboratorios con estudiantes) para concienciar a los alumnos de su influencia sobre la calidad en el laboratorio.

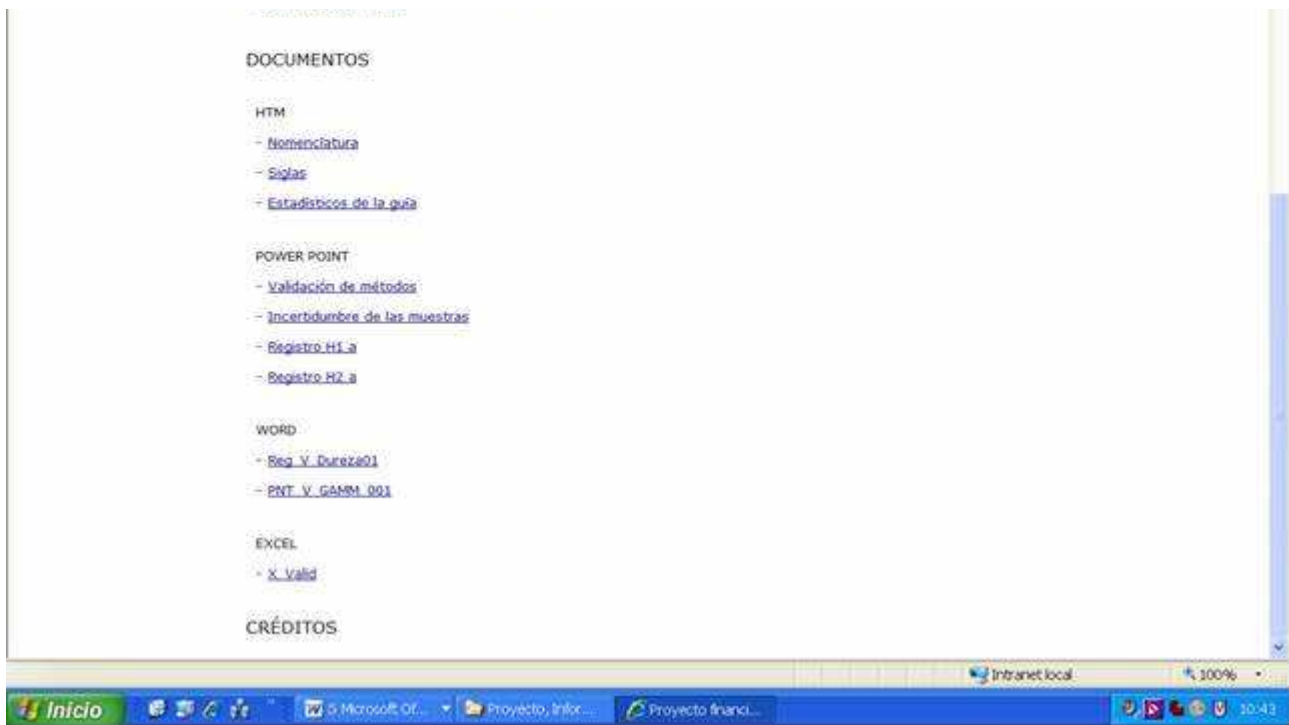


Fig.2 Continuación de la página inicial. Enlaces a los documentos que permite el acceso a todos los elementos adicionales (modo semipresencial/no presencial; modo 'libro de consulta')

A modo de ejemplo las figuras 3 y 4 muestran las primeras páginas de los documentos principales: PNT de validación y Registro de validación interna, aplicado al ejemplo de aplicación desarrollado en un laboratorio docente. Las figuras 5 y 6 muestran la doble visión, teórica y práctica, sobre las fuentes de incertidumbre en el laboratorio.

Tanto el contenido técnico, principalmente del texto del Tutorial, PNT de validación y Registro de validación interna, como el formativo han sido evaluados internamente (PAS y PDI que colabora en el proyecto) como externamente (asesor técnico externo y becario). Cada uno aportando un punto de vista muy distinto (profesor, empresa, estudiante). A juicio del asesor externo, el PNT de validación y el Registro de validación interna, sirven como modelos de documentos de un sistema de calidad. Desde el punto de vista académico, el PNT de validación deberá involucrar una doble competencia:

- Lograr que los estudiantes lo entiendan y sean capaces de ejecutarlo correctamente en un laboratorio.
- Lograr que en cierta medida fueran capaces de redactar por sí mismos un documento similar (ej. otra determinación).

Para ello, el documento guía (Figura 1) y otros elementos accesorios (de ayuda) del Tutorial (Figura 2) resultan esenciales para el primer objetivo. Para el segundo, el propio PNT de validación, un documento muy completo técnicamente resulta clave.

Del mismo modo, a juicio del asesor externo, el Registro de validación, mucho más exigente que la mayoría de los registros acreditados, tiene un doble valor: como modelo para desarrollar otros registros en la misma línea y como herramienta para aunar todos los aspectos de calidad que el laboratorio debe plantearse. Así el registro sirve también a dos competencias:

- Forzar a que los estudiantes se acostumbren a ser sistemáticos para reunir información previa sobre el método experimental (datos primarios) y resultados en un mismo documento (susceptible de ser auditado)
- Lograr que se involucren en la toma de decisiones, imprescindible para avanzar en la cumplimentación del registro.

	<p>PNT VALIDACION</p>	<p>PNT_V_GAMM_001 Rev0 16/09/2008 Pág. 1 de 12</p>
<p>VALIDACIÓN DE EXACTITUD, CONTROL DE CALIDAD Y EXPRESIÓN DE LA INCERTIDUMBRE ARMONIZADAS</p>		

PNT_V_GAMM_001

PROCEDIMIENTO PARA ARMONIZAR LOS PROCESOS DE VALIDACIÓN DE LA EXACTITUD, CONTROL DE CALIDAD Y EXPRESIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

ÍNDICE

- 1.- OBJETO
- 2.- ALCANCE
- 3.- REFERENCIAS
- 4.- CONTENIDO
 - 4.1.- Responsabilidades
 - 4.2.- Validación de la exactitud del método
 - 4.2.1.- Límites para veracidad y precisión
 - 4.2.2.- Condiciones de precisión intermedia
 - 4.2.3.- Diseño experimental y Matriz de validación
 - 4.2.4.- Pre-validación
 - 4.2.5.- Validación
 - 4.2.6.- Evaluación de la matriz de validación
 - 4.2.7.- Estimación de los estadísticos de validación
 - 4.2.8.- Garantía de la validación (Post-validación)
 - 4.2.9.- Criterios de aceptación
 - 4.2.10.- Amonización de estadísticos
 - 4.3.- Control de calidad del método
 - 4.3.1.- Plan de control de calidad
 - 4.3.2.- Verificación del método
 - 4.3.3.- Gráfico de control de medias amonizado
 - 4.3.4.- Etapa de control
 - 4.3.5.- Criterios de aceptación
 - 4.4.- Incertidumbre de las muestras
 - 4.4.1.- Estimación de la incertidumbre de las muestras
 - 4.4.2.- Plan de trabajo en rutina
 - 4.4.3.- Informe de resultados

<p>Revisor</p> <p>Sr. E. Bonet</p>	<p>Aprobador</p> <p>Sr. S. Sagrado</p>	<p>VºBº Distribución</p> <p>Sr. S. Sagrado</p>
<p>Fecha de revisión</p> <p>13-dic-07</p>	<p>Fecha de Aprobación</p> <p>13-dic-07</p>	<p>Fecha de VºBº Distribución</p> <p>13-dic-07</p>

Figura 3. Primera página del PNT de Validación

GAMM		REGISTRO DE VALIDACIÓN INTERNA	Nº REGISTRO: Reg_V_Dureza01 Rev. 0 Pag. 1 de 18
FECHA: 02.12.07		NOMBRE Y CÓDIGO EQUIPO: Buretas BM_01 y BM_02	
MÉTODO (PNT): <u>PNT_E_GAMM_Dureza</u>		EQUIPO (PNT): No existe para buretas manuales	
ALCANCE: - Análisis: Dureza (Ca y Mg), expresada como un solo análisis: CaCO ₃ . - Matrices: Agua de consumo - Intervalo (conc.): 100 - 1000 mg CaCO ₃ · L ⁻¹		REQUISITOS: - CLIENTE: No hay - LEGISLACIÓN: No hay - INTERNOS: E _{rel} < 10% RSD _{rel} < 14%	
RESPONSABLE DE CALIDAD:		Revisión (RESPONSABLE DE AREA):	
PNT DE VALIDACIÓN: <u>PNT_V_GAMM_001</u>			
CARACTERÍSTICAS	RESULTADOS		
- Identidad	- Se asume (concentración de otros metales despreciable frente a Ca y Mg)		
- Veracidad	- Validez: E ± 2(E) < 10 %		
- Precisión Repetibilidad Intermedia (Factores)	- Estimada como RSD _{rel} - Validez: RSD _{rel} ± L(RSD _{rel}) < 14 % (tiempo, analista y equipo)		
- Límite de detección	- No estimado (innecesario en volumetría al nivel de los analitos)		
- Límite de cuantificación	- No estimado (innecesario en volumetría al nivel de los analitos)		
- Intervalo	- No estimado (innecesario en volumetría; no existe curva de calibrado)		
- Recuperación	- No estimado (al haber estimado E y no emplear etapas de separación)		
- Robustez	- No estimado (se asume que la volumetría es robusta)		
DECLARACIÓN DE VALIDACIÓN (seleccionar): <input checked="" type="checkbox"/> MÉTODO VÁLIDO <input type="checkbox"/> MÉTODO NO VÁLIDO		<input type="checkbox"/> MÉTODO VÁLIDO CON RESTRICCIONES Observaciones:	

GAMM		REGISTRO DE VALIDACIÓN INTERNA	Nº REGISTRO: Reg_V_Dureza01 Rev. 0 Pag. 2 de 18
CARACTERÍSTICA(S) DEL MÉTODO (debe ser coherente con los datos de la hoja 1; emplear para otras características)			
CARACTERÍSTICAS (seleccionar)	REFERENCIAS (seleccionar)	DISEÑO EXPERIMENTAL (especificar)	
<input checked="" type="checkbox"/> Veracidad <input type="checkbox"/> Precisión <input checked="" type="checkbox"/> Repetibilidad <input checked="" type="checkbox"/> Intermedia Factores: <input checked="" type="checkbox"/> Tiempo <input checked="" type="checkbox"/> Analista <input checked="" type="checkbox"/> Equipo <input type="checkbox"/> Identidad <input type="checkbox"/> Límite de detección <input type="checkbox"/> Límite de cuantificación Intervalo: <input type="checkbox"/> de trabajo <input type="checkbox"/> lineal <input type="checkbox"/> Recuperación <input type="checkbox"/> Robustez	- Método de Referencia: <input type="checkbox"/> Primario <input type="checkbox"/> Oficial <input type="checkbox"/> Normalizado <input type="checkbox"/> Alternativo - Material: <input type="checkbox"/> MR Primario <input checked="" type="checkbox"/> MRC <input type="checkbox"/> MR <input type="checkbox"/> Patrón puro - Fortificar: <input type="checkbox"/> Blanco de reactivos <input type="checkbox"/> Blanco analítico <input type="checkbox"/> Blanco de muestra <input type="checkbox"/> Matriz sintética <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Detalles experimentales: <input checked="" type="checkbox"/> 2-24 mL disolución MRC + 50 mL muestra (Dureza = 100 mg · L ⁻¹) y enrasar a 100 mL con agua desionizada.	Nr = 3 (réplicas) Nr = [10, 10, 7] (series de ensayos: "uno") Nr = 1 (disolución MRC) Nr = 1 (concentración de CaCO ₃) nr = 3 [123.54, 411.8, 988.32] mg · L ⁻¹ Nr = 3 (tiempo análisis, equipo) rN = -	Detalles experimentales: - run = cambio de <u>análisis</u> (entendido como <u>paralelo de alumnos</u> trabajando conjuntamente en cualquiera de los 4-5 días e independientemente de en cual de las 2 buretas se realice en ensayo de validación). - 3 validaciones (matrices X) independientes; 1 a cada nivel de concentración, nr. Los datos de X corresponden a la concentración estimada de CRM añadido.
ALCANCE para la característica a validar (seleccionar): - nº análisis: <input checked="" type="checkbox"/> 1, <input type="checkbox"/> > 1, <input type="checkbox"/> 1-especifico - nº matrices: <input checked="" type="checkbox"/> 1, <input type="checkbox"/> > 1 - Intervalo (CM): <input type="checkbox"/> < 10, <input checked="" type="checkbox"/> > 10		REQUISITOS para la característica a validar: - INTERNOS: E _{rel} < 10% RSD _{rel} < 14% (Calculada a partir de RSD _{rel} = RSD _{rel} · nr = 10%; Eq. 1 PNT_V_GAMM_001)	
DECLARACIÓN (seleccionar): <input checked="" type="checkbox"/> CARACTERÍSTICA VALIDADA <input type="checkbox"/> CARACTERÍSTICA NO VALIDADA		<input type="checkbox"/> CARACTERÍSTICA VALIDADA con restricciones. Observaciones:	
<u>Orden de manubrio</u>			

Figura 4. Dos primeras páginas del Registro de Validación correspondiente a la validación del método para la determinación de la dureza del agua potable, empleando datos obtenidos por los alumnos de 2º de Farmacia (curso 2007-08) en las prácticas de la asignatura Técnicas Analíticas.

Una ventaja adicional del registro es que permite su uso en el laboratorio, pero además en el aula, para ilustrar con ejemplos o problemas los aspectos teóricos, e incluso, con ayuda de hojas excel preprogramadas e instrucciones técnicas de software comercial, puede emplearse en prácticas de aula virtual (con datos de laboratorio simulados).

A juicio de la becaria del proyecto, que aporta la 'visión del alumno', en el caso más desfavorable del empleo del Tutorial (su consulta no presencial, sin asesoramiento ni influencia alguna), la autoexploración del material es posible gracias a los elementos de ayuda (tipo, nomenclatura, instrucciones etc.) que evitan el posible desánimo ante una materia compleja, a priori. Ello garantiza que el Tutorial puede servir para que profesores no expertos en esta materia o poco concienciados con esta realidad que demanda la empresa, puedan acceder a su contenido y diseñar posibles módulos teórico-prácticos, nuevas prácticas de laboratorio y de aula de informática. Además, para profesores que ya imparten clases teóricas y de laboratorio sobre temáticas próximas, puedan fomentar el empleo de actividades semipresenciales.

4. Conclusiones

Lo expuesto nos lleva a concluir que el Tutorial, en cuanto a contenido, puede adaptarse a los planes de estudios universitarios con un mínimo esfuerzo. El formato de 'documento activo' (no estático), favorece la posibilidad de mejora continua y fomenta el desarrollo de nuevos Tutoriales representativos.

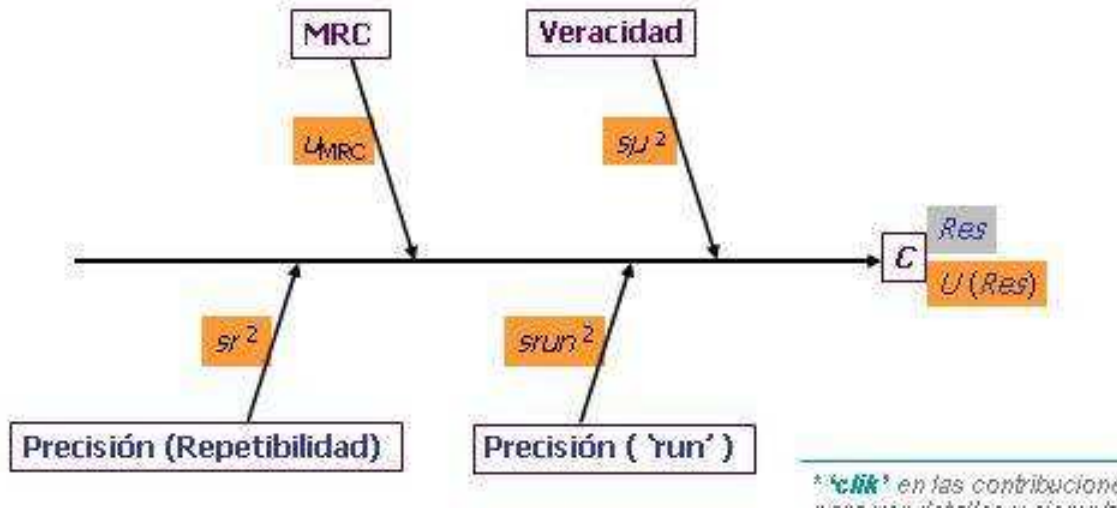
INCERTIDUMBRE	ENFOQUE CLÁSICO	ENFOQUE VALIDACIÓN
Complejidad	Algebra/Cálculo	Geometría
Enfoques	Definiciones	Verdades

ENFOQUE BASADO EN VALIDACIÓN

Diagrama causa-efecto (contribuciones a U)

Ventajas:

- Información disponible (estadísticos de validación)
- Expresión sencilla e igual para cualquier método (Eq. 8, PNT V GAMM 001); armonizada con el control de calidad



INCERTIDUMBRE	ENFOQUE CLÁSICO	ENFOQUE VALIDACIÓN
Complejidad	Algebra/Cálculo	Geometría
Enfoques	Definiciones	Verdades

VALIDACIÓN

Incertidumbre-MRC
(estimada conforme al enfoque componente-a-componente)

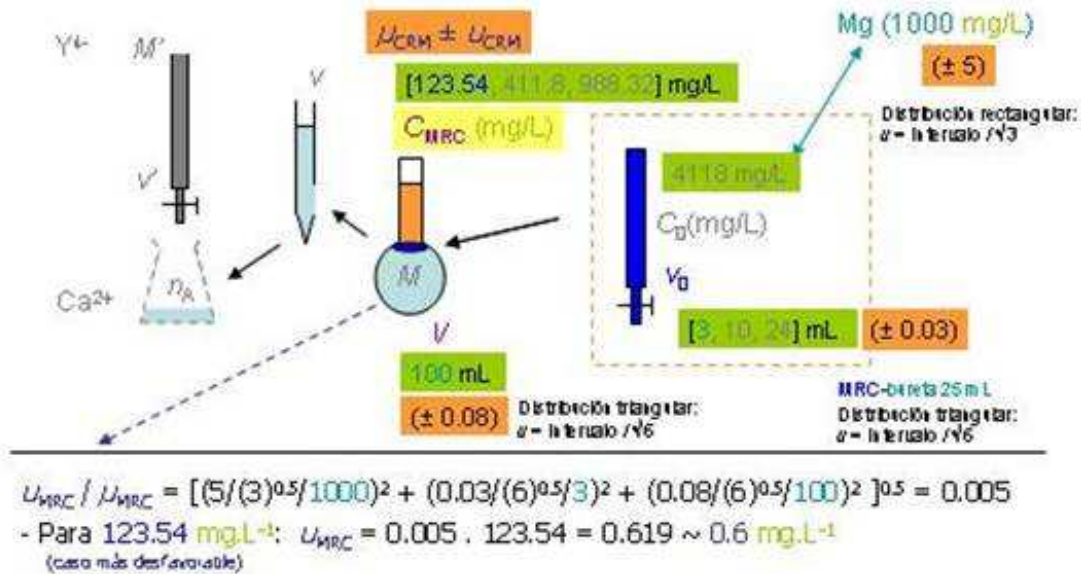


Figura 5. Parte de una presentación en Power Point. Aspectos teóricos para trabajar en clases teóricas

+ **Enjuagar una pipeta con agua desionizada** es básico antes de introducirla en una disolución de muestra, patrón o muestra fortificada (ej. con MRC) para **evitar contaminar la disolución con interferencias** que afectarían a la **veracidad** (contribuyendo a la incertidumbre)

- **La presencia de gotas de agua desionizada** sobre el tubo de la pipeta (ej. si no se secan previamente con un papel) **diluye la disolución** afectando a la **veracidad** y **precisión-run** (contribuyendo a la incertidumbre)



+ Positivas
- Negativas

- **En el video se observan varias situaciones** que podrían afectar a la **precisión-repetibilidad** (contribuyendo a la incertidumbre)

Cuestiones:

- 1) Reproducir e indicar cuales son
- 2) Proponer las alternativas correctas



Clic' para ver el video

+ Positivas
- Negativas

Figura 6. Parte de un presentación en Power Point con acceso a fotos y videos. Elementos multimedia prácticos para que los alumnos capten mejor la idea de que su trabajo en el laboratorio tiene impacto en los aspectos de calidad en el laboratorio (ej. incertidumbre).

Desde el punto de vista formativo, el Tutorial no es sólo un texto técnico, sino un material multimedia (e-learning) más atractivo para los alumnos. Con esto se han completado satisfactoriamente los objetivos planteados en el proyecto y el producto final, 'validado' de forma independiente, está preparado para cumplir la función con la que fue concebido.

5. Referecias

- [1] SAGRADO, S.; BONET, E.; MEDINA, M.J.; MARTÍN, Y. *Manual práctico de calidad en los laboratorios. Enfoque ISO 17025*. 2ª Edición. Madrid: Ediciones AENOR, 2005
- [2] BONET-DOMINGO, E.; ESCUDER-GILABERT, L.; MEDINA-HERNANDEZ, M.J.; SAGRADO, S. "Uncertainty-Based Internal Quality Control. Harmonization Considerations". *Analytical Chemistry*. Vol 78, 2006, pp. 8113-8120.
- [3] ESCUDER-GILABERT, L.; BONET-DOMINGO, E.; MEDINA-HERNANDEZ, M.J.; SAGRADO, S. "A diagnostic tool for determining the quality of accuracy validation. Assessing the method for determination of nitrate in drinking water". *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. Vol. 387, 2007, pp. 619–625.
- [4] DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ANALÍTICA. FACULTAD DE FARMACIA. *Manual de prácticas de Técnicas Analíticas*. 2007
- [5] APHA, AWWA, WPCF. *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Madrid: Díaz de Santos, S.A, 1992
- [6] RODIER, J. *Análisis de las aguas*. Barcelona: Omega, 1981