

Iniciación a la metrología Experiencia docente en el diseño curricular de una asignatura transversal basada en la práctica para la transmisión de conocimientos metrológicos en distintas áreas de la formación universitaria

María Ana Sáenz-Nuño⁽¹⁾, Romano Giannetti⁽¹⁾, Néstor Pérez Mallada⁽²⁾

⁽¹⁾ Institute for Research in Technology (IIT) - ICAI Univ. Pontificia Comillas de Madrid,
C) Alberto Aguilera 25, 28015 Madrid

⁽²⁾ Escuela de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios - Univ. Pontificia Comillas de Madrid,
C) San Juan de Dios, 1, Ciempozuelos, 28350 Madrid
⁽¹⁾ 91 542 28 00 (ext 2381), msaenz@comillas.edu

RESUMEN: Este trabajo versa sobre los contenidos, estrategias docentes, programación y evaluación de una nueva asignatura *Measurement Technologies*, dedicada a la formación en Metrología que se ofertará en Comillas. De forma concisa se presenta la aplicación de estrategias docentes que potencian la motivación intrínseca [9] del estudiante universitario para el aprendizaje de conceptos y metodologías metrológicas. Igualmente se propone la programación de prácticas, herramientas docentes más proclives a integrarse e incluso la evaluación final del aprendizaje, así como un posible cronograma de sesiones detallado con las herramientas docentes.

1. INTRODUCCIÓN

Es un hecho demostrado la falta de rigor metrológico en muchas formaciones universitarias de todo tipo, además de las de otros niveles educativos. Conscientes de ese hecho y buscando una solución, en la Universidad Pontificia Comillas hemos apostado por una solución que nos permita caminar hacia una formación mucho más cercana que haga crecer la inquietud en nuestros estudiantes.

Se ha diseñado una asignatura optativa basada en la práctica metrológica de distintas magnitudes básicas en ámbitos muy cercanos al ciudadano, como son medición de longitudes y su trazabilidad, pesaje, voltaje, luminosidad, medición del ruido ambiental, mediciones en biomecánica, ángulos ... etc. En un total de 12 sesiones aproximadamente de 2 horas de duración, se recorren procedimientos y procesos sencillos de medición, verificación y calibración de equipos totalmente habituales en la vida común. Se muestran casos de aplicación típicos en profesiones como ingeniería y fisioterapia y se realizan prácticas.

El alumno, en cada sesión de manera completamente autocontenida aprende los conceptos básicos de la magnitud a la que se enfrenta, se le muestran los fundamentos de su medición y una solución práctica, se desarrollan procesos de medición para su iniciación y se completa con la elaboración de informes finales. En cada sesión, el estudiante viaja a través de una unidad didáctica completa. La novedad es la sencillez del desarrollo del método y el uso de sesiones autónomas que permiten de una manera muy flexible adaptar la docencia al entorno y las necesidades del estudiante, a la vez que focalizar y centrar el aprendizaje en lo que el estudiante demanda para su futuro profesional.

En este trabajo mostramos la experiencia recopilada, las directrices de los materiales elaborados, el alcance de los conceptos transmitidos, los recursos físicos y online utilizados, entre otros.

1.1 METROLOGÍA EN LOS ESTUDIOS UNIVERSITARIOS

En el Ranking Web de Universidades [1] se recogen a fecha de enero del 2022 prácticamente todos los Centros de Educación Superior españoles. De ellos, más de 100 tienen Grados en los que se imparten asignaturas muy relacionadas con el uso de unidades de medida, aunque sea en asignaturas básicas del primer curso, como es Física. Aunque prácticamente en ninguna existe una asignatura general y transversal sobre Metrología, sí es cierto que su conocimiento es impartido auxiliariamente en los laboratorios en los que es imprescindible la medición para el desarrollo del mismo.

Eso siempre ha dado lugar a una minusvaloración de la Metrología, por considerarse poco relevante, los conocimientos se han impartido sesgados y muchas veces claramente deficientes.

En muchos planes de estudio resulta complejo introducir una asignatura que pueda denominarse Metrología, pensemos por un momento en las titulaciones del ámbito de Ciencias de la Salud, donde las mediciones se utilizan para el diagnóstico, tratamiento y terapia entre otros. Incluso en la práctica profesional, existe desafortunadamente la confusión entre autocalibración de un equipo y ajuste inicial.

Se hace por lo tanto necesario buscar estrategias que permitan formar a los futuros profesionales en un uso adecuado de la Metrología Aplicada a sus sectores.

En este trabajo proponemos una metodología que basada en métodos clásicos, combinados con métodos innovadores abre nuevas posibilidades. [10], [11], [12], [13], [17], [18], [19].

1.2. ENCUADRE DE LA NUEVA ASIGNATURA

La iniciativa de esta nueva formación surge desde la Escuela Técnica Superior de Ingeniería, ICAI, de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad Pontificia Comillas de Madrid.

En el Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales, GITI, se imparte una asignatura optativa en la especialidad de Ingeniería Mecánica durante 4º curso. Dicha asignatura está muy centrada en la Metrología Dimensional Industrial, que no deja de ser un área muy pequeña dentro de toda la Metrología, evidentemente. El laboratorio consiste en 6 prácticas aplicadas sobre medición tridimensional, calibración, rugosidad, perfilometría, control de defectos de forma, medición 2D, etc.

En el resto de especialidades de GITI, típicamente electrónicos y eléctricos, se imparten conocimientos metrológicos a nivel de utilización en los laboratorios, no existiendo una asignatura independiente con dicho contenido teórico.

Si bien se ha venido haciendo un esfuerzo muy importante entre los profesores de las asignaturas por homogeneizar criterios, incluso compartiendo apuntes y diverso material docente, sí se constata la necesidad de algo más.

En GITT, la Metrología se encuentra aún más difuminada.

En otros centros de la misma Universidad, como es la Escuela de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios en Ciempozuelos, son conscientes de la necesidad de estos conocimientos en sus titulados, aunque desafortunadamente solo se dispone de una sesión de 5h en el Máster de *Master Universitario en Biomecánica aplicada a la valoración del daño*, donde las buenas mediciones dan lugar a terapias mucho más eficaces.

Sin embargo, en un momento en el que los títulos están cambiando, se ha conformado un marco especialmente idóneo para encauzar una formación metrológica de carácter transversal a todas las especiales, en GITI, mecánicos, eléctricos y electrónicos, en GITT e incluso Fisioterapia, entre otros.

La asignatura que se está desarrollando se denomina *Measurement Technologies*, tal y como describimos a continuación.

2. DESARROLLO/DESCRIPCIÓN

Measurement Technologies será una asignatura transversal cuatrimestral que dispondrá de 3 créditos ECTS en cuarto curso, lo que se traduce en 30 horas de clase presencial. Ello se programará en sesiones de 2 horas de duración, durante las 15 semanas en las que se divide el cuatrimestre.

Su carga teórica se fundamentará en conocimientos ya adquiridos por alumnos en cursos anteriores. El material se ubicará en la plataforma Moodle, de uso extendido en el sistema universitario español, entre otros, y que aporta una gran versatilidad por admitir una amplia variedad de herramientas y formatos.

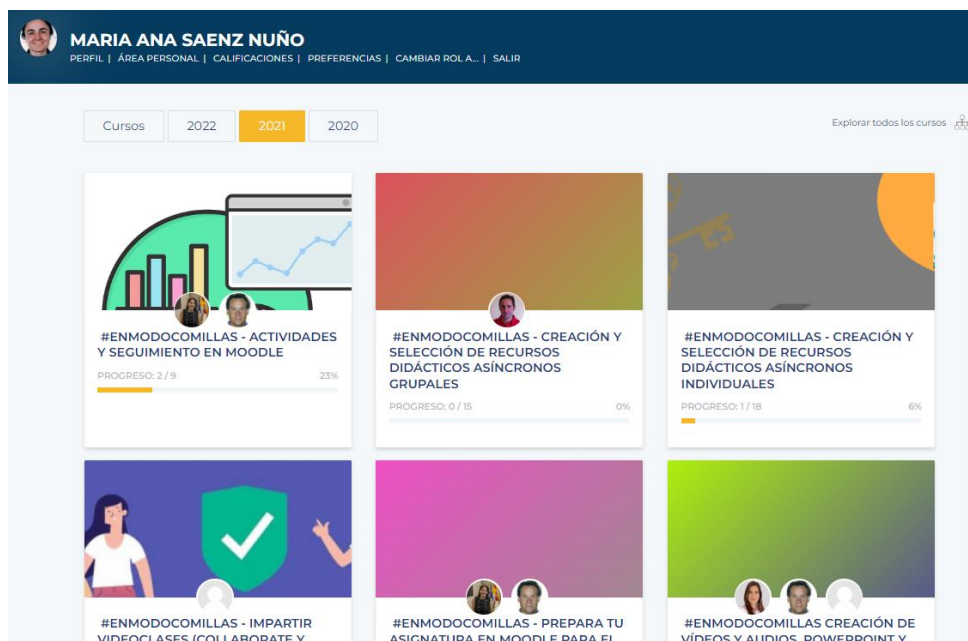


Fig 1. Entorno Moodle típico de las asignaturas en la Universidad Pontificia Comillas de Madrid.

De la experiencia que los autores de este artículo tienen [4] y [5], se constata que el éxito en este tipo de docencia está muy ligado al número de alumnos que podemos llegar a tener por aula. Así se recomienda una ratio máxima de 25 alumnos por profesor, siendo deseable 15 ó 20, puesto que el trabajo en grupos de no más de 3 alumnos es algo imprescindible.

Los grupos que se formen para el trabajo en cada una de las sesiones, irán modificando sus componentes, para conseguir un mayor enriquecimiento entre los estudiantes.

El entorno de trabajo será un aula o espacio habilitado para facilitar tanto la impartición de lecciones magistrales, como trabajo en grupo e incluso el manejo de equipamiento. En la Universidad Pontificia Comillas se dispone de un espacio así, Conecta Lab.



Fig. 2. Conecta Lab de la Universidad Pontificia Comillas de Madrid [6] y [7].

Este tipo de espacios cuenta con la ventaja de las múltiples disposiciones en las que se puede utilizar el aula, así como la posibilidad de estar varios profesores en el mismo aula atendiendo así a un número mayor de alumnos, en lo que se conoce habitualmente como Co-docencia [8].

2.1. HERRAMIENTAS Y MÉTODOS PARA LA DOCENCIA

Se van a distinguir los siguientes tipos de sesiones en la asignatura:

- Sesiones teóricas donde se discutirán y trabajarán conceptos fundamentales comunes a muchas de las ramas de la Metrología, como puede ser el Cálculo de Incertidumbres.
- Sesiones prácticas donde se trabajará en el desarrollo completo de una práctica de Metrología completa, desde el diseño del procedimiento de medición, hasta su puesta en práctica, la recogida de datos y la elaboración del informe final.
- Sesiones de puesta en común sobre el aprendizaje en cada una de las áreas en las que se realizarán las prácticas de Metrología.
- Visita a laboratorio acreditado de calibración.

Se utilizarán muchas técnicas docentes de entre las que se conocen como Gamificación en el Aula y diseño de juegos [14][15][16], partiendo de la experiencia de los profesores en el Equipo de Innovación Docente EduGando [2][5], como son:

- Flipped Learning. Previo a cada sesión, se pondrá a disposición del alumno material audiovisual en Moodle para el repaso y revisión de conceptos sencillos, como los videos introductorios sobre Metrología de amplia difusión desde las Organizaciones de Referencia internacionales, BIPM [3]. Otros materiales serán podcast, apuntes en forma de informes, referencias externas. Con ello se introducirá al alumno en los conceptos que trabajará en la siguiente sesión.
- Lección Magistral. Algunas de las sesiones dispondrán de espacios expositivos donde el profesor entrará en detalle de conceptos complejos que requieran un detalle importante, como pueda ser el Cálculo de incertidumbres pormenorizado. Estas sesiones se apoyarán en material audiovisual y se desarrollarán en el aula. Dichas exposiciones nunca superarán los 20 minutos de duración.
- Ejercicios prácticos en el aula, Aprendizaje basado en retos o problemas, ABR y ABP. Complementando las lecciones magistrales se realizarán actividades en el aula, habiendo agrupado a los alumnos en grupos cambiantes para cada sesión. En estos ejercicios se potenciará la discusión y resolución de problemas basados en la parte teórica de la lección magistral, como puede ser la programación de una Excel para el cálculo de incertidumbres o la elaboración de los formatos para la emisión de informes de verificación.
- Flipped Classroom. Típicamente serán las conocidas como “prácticas de laboratorio”, pero donde al alumno se le permite el uso de todo lo que considere que puede llegar a tener a su alcance en la industria. De hecho, esta técnica será una hibridación con el ABR, aprendizaje basado en retos. El grupo de estudiantes recibirá un protocolo con la información de lo que deberán medir o calibrar, junto con los manuales de uso de los equipos a su disposición y los propios equipos. Durante la sesión, el objetivo será diseñar el procedimiento de medición/verificación/calibración, llevar a cabo una implementación, elaborar el informe final de medición y una pequeña sesión de trabajo en equipo evaluando su trabajo. El entregable al profesor será el informe final y las conclusiones.
- Visita a un laboratorio de calibración acreditado en algunas de las magnitudes trabajadas durante el curso.

2.2. PLAN DOCENTE

La docencia de la asignatura se programará a lo largo de las 15 sesiones de 2 horas de las que se dispone, con una programación orientativa como se muestra en la siguiente tabla:

Número sesiones	Contenido	Metodología
2	Conceptos básicos en Metrología: exactitud, precisión,	Lección Magistral

	unidades de medida, calibración, verificación, cálculo de incertidumbres, emisión de informes ... En alguna con conferencias invitados.	ABP y ABR Flipped Learning Foro online de la asignatura
3	Sesiones prácticas Metrología Mecánica: Dimensional, Flujo, Temperatura, Masa, Presión, Fuerza	Flipped Learning Flipped Classroom Discusión en grupos
3	Sesiones prácticas Metrología Electrónica: Calibración instrumentación electrónica	Flipped Learning Flipped Classroom Discusión en grupos
5	Sesiones prácticas Metrología de la Salud: Mediciones relacionadas con el ámbito sanitario (ecg, ecógrafos, TCs ...)	Flipped Learning Flipped Classroom Discusión en grupos
1	Visita a un laboratorio acreditado de calibración.	
1	Cierre de la asignatura.	Flipped Classroom Discusión en grupos

Tabla 1: Programación de la docencia.

2.3. LA EVALUACIÓN

Es inevitable tener que cuantificar el aprendizaje del alumno mediante una calificación final, pero por la metodología que se propone en esta asignatura, su evaluación se hará de manera continua y se desglosará en los siguientes apartados:

- Para cada alumno la participación:
 - durante cada una de las sesiones, en cada uno de los grupos.
 - en el foro de la asignatura, las aportaciones y la evolución a lo largo de la asignatura.
- Para cada grupo de alumnos, los entregables generados durante la sesión (ya sea un cuestionario, un informe, unos resultados ...).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Es cierto que aún la asignatura no se ha establecido plenamente en la titulación, pero sí se han ensayado en sesiones piloto de Metrología Dimensional [4][2], algunas de las estrategias que se han ido describiendo a lo largo de esta ponencia. Los resultados han sido claramente satisfactorios. A la pregunta “¿recomendarías esta actividad a un compañero?” tras la

realización del juego de fuga online *el Sistema Internacional de unidades*, estas han sido algunas de las respuestas con comentarios:

- Sí, es una buena práctica para la memoria
- Sí, es una actividad sencilla pero efectiva para recordar la relación entre las constantes y las unidades correspondientes.
- Si, está muy bien para refrescar la memoria o aprender si todavía no lo sabías.

Los alumnos se motivan mucho más a la hora de abordar temas clásicamente más tediosos y se implican mucho más en su aprendizaje. En algunos casos conlleva la utilización de tecnologías híbridas, presenciales y a distancia, pero que están dando muy buenos resultados. En general hay una percepción mucho más positiva del acto de aprender en el aula.

4. CONCLUSIONES

La docencia en Metrología puede innovarse poderosamente utilizando una amplia variedad de metodologías basadas en la gamificación.

Se han demostrado como experiencias de gamificación mejoran el aprendizaje de los alumnos en Metrología, trabajando poderosamente la motivación.

Es más fácil implementar la enseñanza de la Metrología con técnicas de gamificación y prácticas en titulaciones más alejadas de aspectos técnicos, como pueden ser las relacionadas con Ciencias de la Salud.

5. REFERENCIAS

- [1] *Ranking web de universidades en España* https://www.webometrics.info/es/Europe_es/Espa%C3%B1a (última consulta 16 junio 2022).
- [2] Sáenz-Nuño, M.A et all. Número especial completo de *Padres y Maestros sobre Gamificación*, nº 387, 2021, <https://revistas.comillas.edu/index.php/padresymaestros/issue/view/1142>
- [3] Links & Videos del BIPM <https://www.worldmetrologyday.org/links.html>
- [4] Sáenz-Nuño, M.A & Pérez, N. artículo on line Metrología Gamificada, Revista e-medida nº 15, 2019, <https://www.e-medida.es/numero-15/metrologia-gamificada/>.
- [5] M.V. Montes Gan, M.R. Salas Labayen, N. López Salas, M.A. Sáenz-Nuño, G. Pedraza Carballo, *Indicadores para la evaluación de la calidad en el aprendizaje en una actividad de escape room*, in Educação: teorias, métodos e perspectivas. Editors Arcoverde Cavalcanti, P.. Ed. Editora Artemis. Curitiba, Brazil, 2022.
- [6] ConectaLab de la Universidad Pontificia Comillas de Madrid <https://www.steelcase.com/eu-es/investigacion/articulos/temas/case-studies/conecta-lab-espacio-innovacion-educativa-universidad-pontificia-comillas/>
- [7] ConectaLab de la Universidad Pontificia Comillas de Madrid <https://view.genial.ly/602a92585c1ea56eadbba1a8>
- [8] Birgit Strotmann, Magdalena Custodio Espinar, La codencia reflexiva en la educación superior, CINAIC, 20-22 Octubre 2021, Madrid,
- [9] Abraham Maslow: artículo A Theory of Human Motivation en 1943 y libro Motivation and , Personality.

- [10] Curso INTEF – Gamificación http://enlinea.intef.es/courses/course-v1:INTEF+GamificaMooc+2020_ED4/courseware/0a47e8b118ce4037a6af35fbd1723a91/18e502edf8ce49ae891efa8123957364/?child=first
- [11] Gamificando la educación. <https://www.youtube.com/watch?v=MuDlw1zlc94&feature=youtu.be>
- [12] Juegos de fuga para educación, guía de Ana Martínez, Montse Poyatos y María Fernández. <http://www.blogsita.com/wp-content/uploads/2018/04/break-out-y-escape-room-juegos-de-fuga.pdf>
- [13] Juegos de Realidad alternativa (ARG) <https://www.slideshare.net/avantgame/make-an-alternate-reality-game>
- [14] La estética en el diseño de la narrativa y del juego <http://www.slideshare.net/stephsamios/online-tools-for-digital-storytelling-7783202>
- [15] Lista de mecánicas de juego. <http://www.boardgamizer.com/mechanics>
- [16] Mecánicas de juego para el aula. <http://www.coolcatteacher.com/game-based-learning/>
- [17] Investigación sobre los beneficios de la gamificación en el aprendizaje. <http://www.emergingedtech.com/2012/12/8-research-findings-supporting-the-benefits-of-gamification-in-education/>
- [18] Beneficios de la gamificación en la formación. <http://www.nubemia.com/beneficios-de-la-gamificacion-en-la-formacion/>
- [19] Gamificación y e-learning: la importancia de un aprendizaje motivador. <http://www.netpartnerlearning.es/blog/gamificacion-y-e-learning-la-importancia-de-un-aprendizaje-motivador/>