



# Metodologías activas de auto-evaluación basadas en la herramienta Matlab Grader en el Grado en Ingeniería Telemática\*

Carmen Botella-Mascarell<sup>1</sup>, Antonio Soriano-Asensi<sup>2</sup>, Martín Sanz-Sabater<sup>3</sup>, Sandra Roger<sup>4</sup> y Jaume Segura-García<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Departament d'Informàtica, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria, Universitat de València, [carmen.botella@uv.es](mailto:carmen.botella@uv.es)

<sup>2</sup> Departament d'Informàtica, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria, Universitat de València, [antonio.soriano-asensi@uv.es](mailto:antonio.soriano-asensi@uv.es)

<sup>3</sup> Departament d'Informàtica, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria, Universitat de València, [martin.sanz@uv.es](mailto:martin.sanz@uv.es)

<sup>4</sup> Departament d'Informàtica, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria, Universitat de València, [sandra.roger@uv.es](mailto:sandra.roger@uv.es)

<sup>5</sup> Departament d'Informàtica, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria, Universitat de València, [jaume.segura@uv.es](mailto:jaume.segura@uv.es)

**How to cite:** C. Botella-Mascarell, A. Soriano-Asensi, M. Sanz-Sabater, S. Roger y J. Segura-García. 2022. Metodologías activas de auto-evaluación basadas en Matlab Grader. En libro de actas: *VIII Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red*. Valencia, 6 – 8 de julio de 2022. <http://dx.doi.org/10.4995/INRED2022.2022.15834>.

## Abstract

*This paper presents an innovation action focused on developing and evaluating active self-assessment methodologies in subjects of the Degree in Telematics Engineering at the Universitat de València. The tool Matlab Grader has been recently incorporated to the moodle platform of the Universitat de València. This allows to integrate it efficiently in the teaching-learning process. The results obtained confirm that the incorporation of this tool is beneficial both for teachers, by contributing to the sustainability of correction in large groups, and for students, by providing them with automatic correction and feedback, which increases their motivation.*

**Keywords:** *Matlab grader, automatic grading and feedback, just-in-time teaching.*

## Resumen

*En este trabajo se presenta una acción de innovación que se centra en desarrollar y evaluar metodologías activas de auto-evaluación en asignaturas del Grado en Ingeniería*

\*Este trabajo ha sido financiado por el “Vicerectorat d'Ocupació i Programes Formatius” de la Universitat de València a través del proyecto UV-SFPIE.PID-1641633. Sandra Roger agradece la financiación recibida a través del contrato postdoctoral RYC-2017-22101.

*Telemática de la Universitat de València. Para ello, se utiliza la herramienta Matlab Grader, que se ha incorporado recientemente a la plataforma moodle de la Universitat de València, lo que permite integrarla de forma eficiente en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Los resultados obtenidos confirman que la incorporación de esta herramienta es beneficiosa tanto para el profesorado, al contribuir a la sostenibilidad de la corrección frente a grupos numerosos, como para el alumnado, al proporcionarle corrección y realimentación automática, lo que incrementa su motivación.*

**Keywords:** *Matlab grader, corrección y realimentación automática, enseñanza just-in-time.*

## 1 Introducción

El Grado en Ingeniería Telemática (GIT) de la Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de la Universitat de València (ETSE-UV) utiliza la herramienta *Matlab*<sup>1</sup> en las sesiones de laboratorio de asignaturas pertenecientes a las materias de Comunicaciones Digitales y Señales, Sistemas y Servicios de Telecomunicación. La evaluación de estas prácticas por parte del profesorado conlleva un minucioso trabajo que supone revisar numerosos programas (*scripts*) por persona y práctica. Además, en algunos grupos de prácticas muy numerosos, el tiempo de espera para interactuar con el profesorado, con el fin de resolver aspectos puramente relacionados con el lenguaje de programación, hace que algunos estudiantes no puedan finalizar la práctica o se desmotiven durante su realización.

La Universitat de València incorporó recientemente la licencia de la herramienta *Matlab Grader*<sup>2</sup>, integrándola también como recurso en su plataforma *moodle*, llamada Aula Virtual. *Matlab Grader* permite trabajar en una plataforma en línea, y permite plantear desde un curso completo, con sesiones compuestas por distintos ejercicios, hasta problemas independientes. El profesorado programa las sesiones o problemas a resolver, y la herramienta evalúa las soluciones proporcionadas por el alumnado de forma automática, comparando con una solución de referencia. Existe la posibilidad de introducir realimentación junto con la corrección para ayudar al alumnado frente a errores en sus soluciones. Aunque es una herramienta muy novedosa, ya se pueden encontrar en la literatura algunos ejemplos de su aplicación, como los mostrados en (Boada & Vignoni, 2021; Martínez Guardiola y col., 2021; Smith P.E., 2020), donde se presentan experiencias docentes y se reflexiona sobre las ventajas y desventajas del uso de la herramienta y de los sistemas de corrección automática en general.

Desde el curso académico 2015-2016, se ha estado trabajando en el desarrollo de metodologías de aprendizaje basado en proyectos en las asignaturas de las materias de Comunicaciones Digitales y Señales, Sistemas y Servicios de Telecomunicación del GIT (Botella-Mascarell y col., 2021; Botella-Mascarell y col., 2020; Segura y col., 2016; Segura-García y col., 2017; Soriano-Asensi y col., 2019). Con la incorporación de *Matlab Grader* a los recursos de la Universitat de València, se planteó llevar a cabo una acción de innovación que permitiera automatizar la corrección de partes del código programado por el alumnado en las sesiones de laboratorio, lo que aumentaría tanto su independencia como su motivación, especialmente en los grupos de prácticas muy numerosos, concentrados en asignaturas de segundo y tercer curso. Hay que tener en cuenta que, en grupos muy

---

<sup>1</sup><https://es.mathworks.com/products/matlab.html>

<sup>2</sup><https://grader.mathworks.com/>

numerosos, el profesorado no puede atender al alumnado de forma inmediata la mayoría de las veces, por lo que en muchas ocasiones se retrasa la realización de la práctica por aspectos puramente relacionados con la programación del lenguaje *Matlab*. De esta manera, el uso de esta herramienta permitiría incorporar mecanismos de auto-evaluación, beneficiarse de una corrección y realimentación autónoma, y posibilitaría el desarrollo de metodologías relacionadas con la instrucción por pares y la enseñanza *just-in-time* (Watkins & Mazur, 2009).

En este trabajo, se presenta la metodología desarrollada para incorporar el uso de *Matlab Grader* y los resultados obtenidos en dos asignaturas del GIT, Señales y Sistemas Lineales (SSL) y Teoría de la Comunicación (TC) en el curso académico 2021-2022. SSL es una asignatura de segundo curso, primer cuatrimestre, mientras que TC es una asignatura de tercer curso, primer cuatrimestre. En el caso de SSL, participó un único grupo de laboratorio de 15 estudiantes en la acción. En el caso de TC, todo el alumnado matriculado (77 estudiantes) ha participado en la acción de innovación. Desde el punto de vista del alumnado, con el uso de *Matlab Grader* se obtiene una realimentación instantánea de la solución programada, una auto-evaluación de los ejercicios ya programados y una mayor independencia y motivación. Desde el punto de vista del profesorado, se habilita la posibilidad de establecer puntos de control en la realización de la práctica, lo que también facilita la docencia virtual o en línea en caso de que fuera necesaria, la reducción del volumen de *scripts* a corregir, proporcionando tiempo a dar realimentación en otros aspectos de la asignatura, y la posibilidad de establecer ejercicios previos a la realización de la práctica con realimentación instantánea y automática para el alumnado.

## 2 Objetivos

El objetivo general de la acción de innovación se centra en desarrollar y evaluar diversas metodologías activas de auto-evaluación mediante la incorporación de la herramienta *Matlab Grader* de Aula Virtual en las sesiones de laboratorio de asignaturas de las materias de Comunicaciones Digitales y Señales, Sistemas y Servicios de Telecomunicación del GIT.

Este objetivo general se puede articular en los siguientes objetivos más específicos, que recogen los puntos a resolver:

- O1. Utilizar una herramienta de corrección automática (*Matlab Grader*) integrada en la plataforma Aula Virtual de la Universitat de València.
- O2. Mejorar la implicación de los estudiantes del GIT, mediante el uso de la corrección automática y la realimentación instantánea.
- O3. Evaluar el impacto de la metodología mediante la recogida de evidencias a través de cuestionarios.

## 3 Desarrollo de la innovación

La acción de innovación se centra en asignaturas de la materia de Comunicaciones Digitales y de la materia de Señales, Sistemas y Servicios de Telecomunicación del GIT. Concretamente, se desarrolla en las asignaturas SSL (segundo curso, primer cuatrimestre), TC (tercer curso, primer cuatrimestre), Fundamentos Matemáticos de las Comunicaciones (segundo curso, segundo cuatrimestre) y Transmisión de Datos (tercer curso, segundo cuatrimestre). En este trabajo se presenta

Tabla 1: Sesiones de laboratorio y contenido en Teoría de la Comunicación

Sesión	Contenido
1	Probabilidad y entropía.
2	Algoritmo de Huffman.
3	Codificación aritmética.
4	Conversión analógico-digital. Cuantificación.
5	Detección. Modulación BPSK.
6	Sistema de transmisión digital: recepción.
7	Códigos bloque, código de repetición.
8	Sistema de transmisión digital: transmisión y recepción.

la metodología aplicada y los resultados obtenidos en las asignaturas impartidas en el primer cuatrimestre del curso 2021-2022.

### 3.1 Teoría de la Comunicación

La asignatura Teoría de la Comunicación (primer cuatrimestre de tercer curso) forma parte de la materia de Comunicaciones Digitales. El temario comprende los bloques de codificación de fuente (fuentes discretas y continuas), modulaciones digitales, capacidad de canal y codificación de canal. En el curso académico 2021-2022 la asignatura tiene 77 estudiantes matriculados, que se dividen en 4 grupos de laboratorio: AL1 (20 estudiantes), AL2 (20 estudiantes), AL3 (19 estudiantes) y AL4 (18 estudiantes). Los grupos AL1, AL2 y AL3 realizan las sesiones en la misma franja horaria, en días distintos (horario de mañana), mientras que el grupo AL4 realiza las prácticas en horario de tarde. Los grupos AL1 y AL2 realizan las prácticas en castellano, mientras que los grupos AL3 y AL4 realizan las prácticas en valenciano. El alumnado puede realizar las sesiones de laboratorio de forma individual o en subgrupos de dos personas.

La [Tabla 1](#) lista las 8 sesiones de laboratorio realizadas, todas de una duración de 2.5 horas. La evaluación de las sesiones de laboratorio forma parte de la evaluación continua de la asignatura, representando un 15% de la nota final de la asignatura en ambas convocatorias. Tras cada sesión de laboratorio, los grupos disponen de un día de plazo para completar la práctica si no la han podido finalizar durante la sesión de laboratorio.

Las sesiones 1, 2, 3, 4 y 5 se han realizado en cursos anteriores utilizando el programa *Matlab* (las prácticas restantes se realizan utilizando dispositivos de radio definida por *software*). El alumnado desarrollaba la práctica y entregaba en Aula Virtual un *script* que recogía el código generado durante la práctica. El profesorado corregía la entrega y proporcionaba la realimentación en un plazo de como máximo 15 días a la realización de la sesión de laboratorio.

Para aplicar la metodología, se elige transformar las sesiones 1, 2, 3 y 4 a prácticas basadas en la herramienta *Matlab Grader* como experiencia piloto. Para ello, se crea un curso en la plataforma y se da acceso a todo el profesorado y alumnado de la asignatura. Para tener en cuenta la distinta temporalización de las sesiones, se genera una tarea por grupo y sesión de laboratorio, como puede verse en la [Figura 1](#).



Fig. 1: Pantalla de inicio del curso de TC en la plataforma Matlab Grader

La herramienta *Matlab Grader* permite la auto-evaluación y corrección automática de la solución entregada por el alumnado. Para poder beneficiarse del potencial de esta herramienta, un paso fundamental es adaptar de forma adecuada los guiones de las prácticas, así como definir qué es lo que se quiere evaluar teniendo en cuenta las posibilidades de la herramienta, es decir, si se quiere evaluar el uso de una función o comando de programación concreto para resolver la tarea, la obtención de un resultado concreto, etc. Es imprescindible tener en cuenta que se trata de una herramienta muy flexible pero que tiene una cierta limitación a la hora de comparar la solución de referencia y la solución proporcionada por el alumnado. De esta manera, la solución que se proporcione de referencia y las reglas de evaluación de la solución que se programan en la plataforma tienen que estar alineadas con lo que se quiera evaluar en cada ejercicio. La referencia (Boada & Vignoni, 2021) proporciona una breve reflexión sobre algunas áreas relacionadas con la corrección automática que pueden ser potencialmente conflictivas y de las que el profesorado debe ser consciente, como el tiempo necesario para aprender a programar los ejercicios, la pérdida de algún beneficio asociado a la corrección tradicional donde hay espacio para la reflexión con el alumnado, y la posibilidad de no detectar algunos casos de plagio.

La herramienta permite proporcionar ayuda al alumnado para habilitar el mecanismo de auto-evaluación de la solución obtenida. Por ejemplo, en la Figura 2 se muestra la programación de uno de los ejercicios de la práctica. La plantilla para el estudiante (*Learner Template*) es la zona donde se programa el código que verán los estudiantes. Esta plantilla permite bloquear líneas de código para que no sean editables por parte del alumnado (activando los candados que se ven a la izquierda de la imagen al lado de la numeración de la línea de código). Además de la ayuda contextual de la función, que se proporciona mediante comentarios, es posible proporcionar ayuda en la ventana *How to call the function*. En este ejemplo concreto, el alumnado tendrá ya de partida unas líneas disponibles para probar su solución de forma autónoma.

En la asignatura se plantean por tanto 4 sesiones de laboratorio donde el alumnado utilizará la herramienta *Matlab Grader* para realizar y entregar la práctica. Para ello, se han adaptado los 4 guiones de prácticas y se han definido de forma adecuada los parámetros a evaluar mediante la herramienta en cada una de ellas.

```

1 function [tablaCodigos]=asignarCodigosHuffman(listaSimbolos, listaProbabilidades)
2 % Recibe:
3 % listaSimbolos = Vector con una lista de símbolos (usaremos números representando cada símbolo).
4 % listaProb = Vector con la lista de probabilidades de cada símbolo de la lista anterior.
5 % Devuelve:
6 % tablaCodigos == Un tipo 'struct' con 3 campos:
7 % - El primer campo incluye incluye la asociación símbolo-código, obtenida mediante huffmandict
8 % - El segundo campo incluye las probabilidades de los símbolos (vector columna)
9 % - El tercer campo incluye la longitud media de la codificación
10
11 % Definimos la estructura (help struct)
12 tablaCodigos=
13
14 % Calculamos las palabras código y la longitud media (huffmandict)
15
16
17 % Rellenamos tablacodigos
18 tablaCodigos.codigos=
19 tablaCodigos.probabilidades=
20 tablaCodigos.long=
21 end
    
```

How to call the function (when the learner clicks 'Run')

```

1 % Probamos la función con los datos del Ejercicio 1
2 listaSimbolos=[1 2 3 4 5];
3 listaProbabilidades=[0.1 0.15 0.2 0.4 0.15];
4 tablaCodigos=asignarCodigosHuffman(listaSimbolos, listaProbabilidades)
    
```

Fig. 2: Ejemplo de desarrollo de un problema de la sesión, vista del profesorado

### 3.2 Señales y Sistemas Lineales

La asignatura de SSL (segundo curso, primer cuatrimestre) del GIT, es, curricularmente, la primera asignatura de la materia Señales, Sistemas y Servicios de Telecomunicación que cursa el alumnado. El temario abarca la descripción de sistemas lineales, respuesta temporal y en frecuencia de los sistemas lineales, transformadas de Fourier y Laplace y transformada discreta de Fourier. En el curso académico 2021-2022 hay 76 estudiantes matriculados en la asignatura, que se reparten en 6 grupos de laboratorio formados por entre 11 y 15 estudiantes cada uno. El laboratorio se organiza en 8 sesiones de 2.5 horas, en la [Tabla 2](#) se indican el contenido trabajado en cada una ellas. El trabajo realizado en las sesiones de laboratorio representa el 15% de la calificación global de la asignatura.

SSL es la primera asignatura del bloque de teoría de la señal que se imparte en la titulación. Aunque *Matlab* es una herramienta que se emplea en siete asignaturas del GIT, SSL es en la que se emplea dicha herramienta por primera vez. Dado que tanto el contenido de la asignatura como las herramientas empleadas son nuevas para buena parte del alumnado matriculado, se ha optado por introducir la herramienta *Matlab Grader* de forma puntual para reforzar determinados aspectos trabajados en el laboratorio. En ese sentido, las actividades planteadas con *Matlab Grader* han tenido como objeto o bien facilitar que el alumnado trabaje de forma previa determinados conceptos que posteriormente serán empleados durante la realización de la práctica, o bien tras la realización de la misma proponerles actividades orientadas a reforzar las técnicas trabajadas durante el laboratorio. A continuación se enumeran las actividades realizadas y su temporización en la programación del laboratorio:

Tabla 2: Sesiones de laboratorio y contenido en Señales y Sistemas Lineales

Sesión	Contenido
1	Introducción a Matlab.
2	Representación de señales continuas y discretas.
3	Respuesta de un sistema lineal. Convolución.
4	Series de Fourier.
5	Respuesta en frecuencia.
6	Transformada Discreta de Fourier
7	Muestreo y reconstrucción de señales.
8	Respuesta temporal de sistemas continuos.

- Al final de la sesión 3 se les han propuesto diferentes actividades muy breves para reforzar las habilidades trabajadas durante la sesión de laboratorio. Esta actividad se ha realizado durante los últimos minutos del laboratorio. El objetivo es presentar la herramienta a los estudiantes y resolver posibles problemas de acceso a la misma que puedan encontrarse.
- En la sesión 4 se les ha propuesto una actividad previa en la que se explica cómo realizar una integral numérica en *Matlab*. La resolución numérica de integrales no es un concepto que se trabaje en SSL, pero sí se requiere para la realización de la práctica. Además de la actividad de *Matlab Grader*, se facilita a los estudiantes un pequeño documento en el que se les recuerda el concepto de integral definida y se les presenta un par de ejemplos de cálculo de integrales definidas.
- Antes de la sesión 5 se les ha propuesto una actividad relacionada con la representación gráfica de señales discretas. El objetivo es reforzar dicha destreza, que se trabajó previamente en la sesión 2.
- Al final de la sesión 5 se les proponen diferentes ejercicios relacionados con el cálculo de la transformada discreta de Fourier. También se incluyen varios ejercicios en los que a partir del espectro en frecuencia se pide a los estudiantes que determinen la señal temporal que se corresponde con el mismo.

Es importante remarcar que, a diferencia de la asignatura TC, en este caso no se ha asignado una calificación a las tareas realizadas en *Matlab Grader*, en parte porque la metodología se ha realizado sólo en uno de los grupos de laboratorio. Cada una de las actividades propuestas estaban formadas por varios ejercicios en los que poco a poco se incrementaba la dificultad. Dado el carácter complementario de la actividad, sí se ha procurado que la realización de todos los ejercicios que componían cada actividad no requiriese de más de 20 o 30 minutos por parte de los estudiantes. Aunque en el laboratorio se trabaja habitualmente en grupos de dos personas, se ha propuesto que los estudiantes realicen las actividades con *Matlab Grader* individualmente. En el caso de las actividades previas, simplemente se enviaba un correo a los estudiantes recomendando la realización de dicha actividad para preparar la siguiente sesión de laboratorio. En el caso de las actividades de refuerzo, se proponía su realización al final de la sesión de laboratorio.

Tabla 3: Ítems de la encuesta realizada

Ítem	Planteamiento	Escala
1	Indique el número de veces matriculado en la asignatura	3 opciones (1,2, 3 o más)
2.1 <sup>1</sup>	Indique cómo de fácil le ha sido aprender a utilizar la herramienta <i>Matlab</i>	Likert 5 niveles <sup>2</sup>
2.2	Indique cómo de fácil le ha sido aprender a utilizar la herramienta <i>Matlab grader</i>	Likert 5 niveles <sup>3</sup>
3	Indique su grado de acuerdo/desacuerdo con las siguientes afirmaciones:	Likert 5 niveles <sup>4</sup>
3.0 <sup>5</sup>	Facilita la preparación de las prácticas al permitir la realización de actividades previas en línea	
3.1	Facilita la comprensión de las prácticas al permitir una práctica más guiada	
3.2	Aporta algún tipo de beneficio a las prácticas de la asignatura	
3.3	Me sirve como herramienta de autoevaluación de mi solución	
3.4	No añade complejidad a la realización de la práctica respecto al uso de <i>Matlab</i> en local	
3.5	Me permite avanzar con más rapidez en la resolución de la práctica al poder probar soluciones de forma independiente sin la supervisión/colaboración del profesor/profesora	
3.6	Me sirve para saber de forma aproximada la puntuación obtenida en la práctica antes de su corrección	
4.1	Recomendaría incrementar el uso de la herramienta <i>Matlab grader</i> en el resto de prácticas de SSL	2 opciones (si, no)
4.2	Recomendaría el uso de la herramienta <i>Matlab grader</i> en otras asignaturas	2 opciones (si, no)
5	En este apartado puede dejar cualquier comentario que considere respecto al uso de la herramienta <i>Matlab grader</i> en la asignatura	Campo de texto

<sup>1</sup>Pregunta realizada únicamente a los estudiantes de SSL.

<sup>2</sup>Muy difícil(1), Muy fácil (5)

<sup>3</sup>Muy difícil(1), Muy fácil (5)

<sup>4</sup>Totalmente en desacuerdo (1), Totalmente de acuerdo (5)

<sup>5</sup>Pregunta realizada únicamente a los estudiantes de SSL.

## 4 Resultados

En esta sección se van a presentar los resultados obtenidos en las dos asignaturas, tanto desde el punto de vista del profesorado, como del alumnado. Para recoger evidencias del punto de vista del alumnado respecto a la utilización de la herramienta *Matlab Grader*, se utilizó una encuesta breve, presentada en la [Tabla 3](#), realizada de forma anónima en instantes temporales distintos según la asignatura. La encuesta consta de ítems basados en una escala Likert (**2**, **3**) y de una pregunta de campo libre para que se incluya cualquier comentario que se considere adecuado (**5**). Se incluye también una pregunta para identificar las respuestas de las personas que están cursando por segunda o tercera vez la asignatura (**1**) y una pregunta para recoger la impresión general (**4.2**). La encuesta también recoge dos preguntas específicas para la asignatura SSL, teniendo en cuenta la utilización de una metodología diferente (**3.0**, **4.1**). La encuesta se ha diseñado para recoger la experiencia del alumnado en la dimensión de auto-evaluación, así como para evaluar la percepción

de la dificultad de aprendizaje del uso de la herramienta. Se han seguido los criterios de diseño recogidos en (Echauri y col., 2012).

#### 4.1 Teoría de la Comunicación

En primer lugar, desde el punto de vista del profesorado, hay que diferenciar entre la fase de preparación de la sesión de laboratorio y la fase de realización y evaluación de la sesión práctica.

**Fase de preparación.** Uno de los puntos clave de la utilización de esta herramienta es la necesidad de realizar una reflexión para cada sesión de laboratorio que permita por un lado, adaptar el guión de la sesión a la interfaz de la plataforma, y por otro lado, definir adecuadamente los ítems a evaluar de cada ejercicio teniendo en cuenta las posibilidades de la herramienta. Para comparar la solución del alumnado con la de referencia, las opciones que proporciona la herramienta son principalmente evaluar si se utiliza una palabra clave o la comparación de la obtención de un resultado concreto (incluyendo cierta tolerancia). Estas restricciones obligan a realizar un rediseño intenso del guión en la mayoría de las sesiones.

Respecto a la adaptación del contenido, se ha observado que es más conveniente dividir la práctica en distintos ejercicios auto-contenidos y guiados, como muestra el ejemplo de la [Figura 2](#), de manera que el alumnado pueda centrarse en aplicar los conocimientos de la asignatura y no se vea limitado por su habilidad en el uso del lenguaje de programación *Matlab*. Respecto a la evaluación, la herramienta permite configurar varios puntos de control en cada ejercicio, como muestra el ejemplo de la [Figura 3](#). Cuando el alumnado envía su solución, tanto el profesorado como el alumnado ven si es correcta, y en caso de que no lo sea, la herramienta muestra la salida generada por el código entregado y realimentación para mejorar la solución. Esta realimentación puede ser general, como la que proporciona *Matlab*, o bien una realimentación específica que incluye el profesorado teniendo en cuenta los errores más comunes del alumnado.

**Durante la sesión práctica.** Una de las ventajas observadas por el profesorado es la posibilidad de tener una visión global de cómo se está desarrollando la sesión, es decir, de cuántas soluciones se han enviado (y su código), qué grupos han enviado una solución, y de cuáles son correctas. La [Figura 4](#) muestra un ejemplo de la vista del desarrollo de una sesión por parte del profesorado. Esta posibilidad permite saber en tiempo real qué ejercicios están resultado de más dificultad para el alumnado, lo que permite poner en marcha acciones para proporcionar ayuda. La herramienta permite modificar los ejercicios incluso durante la realización de la práctica si se observa que es necesario cambiar algún parámetro. Aunque las sesiones de laboratorio de la asignatura han sido presenciales en este curso académico, esta característica de la herramienta es de gran utilidad para metodologías en línea o híbridas.

Una desventaja de la herramienta es que no permite tener un *workspace* conteniendo el valor de las variables como sí tiene el *Matlab* en local, lo que en algunos casos dificulta la programación de la solución. Del mismo modo, tampoco permite la ejecución paso a paso que es muy útil en algunos casos concretos para localizar errores. Una manera de solucionarlo es que el alumnado pruebe el código con el programa en local, y suba la solución a la herramienta tras solucionar los problemas.

**Durante la evaluación.** Aunque la herramienta ya compara la solución proporcionada por el alumnado con la establecida como solución de referencia, el profesorado debe revisar las soluciones enviadas por el alumnado para poder cuantificar la nota final de la sesión de

Assessment: 1 of 2 Tests Passed

✘ Comprobamos el valor de la longitud media de A  
Variable longA has an incorrect value.

✔ Comprobamos el valor de los códigos de la fuente B

Output

```
longA =
    1
```

Fig. 3: Ejemplo de resultado de la auto-evaluación, vista del alumnado

Teoría de la Comunicación > Práctica 2 - grupo AL2

Visible: 19 Oct 2021 12:00 AM CEST Due: 20 Oct 2021 12:00 PM CEST Submissions Per Problem: Unlimited

Assignment Description

Problems

Ejercicio 1	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
Ejercicio 2	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: #ccc; background-image: linear-gradient(to right, #008000 1%, #000000 1%); background-size: 100% 10px;"></div>
Ejercicio 3	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: #ccc; background-image: linear-gradient(to right, #008000 1%, #000000 1%); background-size: 100% 10px;"></div>
Ejercicio 4	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: #ccc; background-image: linear-gradient(to right, #008000 1%, #000000 1%); background-size: 100% 10px;"></div>
Ejercicio 5	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: #ccc; background-image: linear-gradient(to right, #008000 1%, #000000 1%); background-size: 100% 10px;"></div>

Fig. 4: Ejemplo de desarrollo de una sesión, vista del profesorado

Teoría de la Comunicación > Práctica 2 - grupo AL2 > Ejercicio 2

Learner Analytics

**Status Summary**  
27 Learners are in the course.

89% Solved: 10% (8)  
10% Submitted, not solved: 1% (1)  
1% No solutions submitted: 89% (86)

**Solved:**  
8 Learners have solved the problem.

Submissions Required to Solve the Problem  
Mean: 2

Average Submissions Required to Pass Each Test

**Not Solved:**  
1 Learner has submitted solutions but haven't yet solved the problem.

Submissions Made Attempting to Solve the Problem  
Mean: 5

% Learners Still Failing Each Test

Fig. 5: Ejemplo de análisis de datos proporcionados por la herramienta para uno de los ejercicios propuestos

forma más gradual, ya que algunas soluciones incorrectas según la herramienta pueden estar muy cerca de la solución correcta. Además, es posible acceder a un panel con una interfaz que presenta una analítica de datos avanzada, como muestra la Figura 5.

En conclusión, la desventaja más significativa que se ha encontrado por parte del profesorado es el proceso de aprendizaje de adaptación de las prácticas y programación de la herramienta, mientras que la ventaja más valorada es la posibilidad de tener una visión rápida y de conjunto de cómo se va desarrollando la práctica, y del punto en el que se encuentra el grupo durante la realización de

Tabla 4: Estadísticas de cada ítem. Valor promedio (Media) y desviación estándar (Std) de las valoraciones de cada ítem, en las asignaturas de TC y SSL

Ítem	TC		SSL	
	Media	Std	Media	Std
2.1			3.2	0.6
2.2	4.14	0.82	3.8	0.6
3.0			4.0	0.9
3.1	4.29	0.82	3.8	1.1
3.2	4.36	0.74	4.1	0.9
3.3	4.58	0.56	3.9	1.1
3.4	4.24	1.01	3.6	0.8
3.5	4.18	0.88	3.7	1.1
3.6	4.62	0.58	4.1	0.9

la práctica, así como el acceso a las soluciones del alumnado a través de la herramienta de forma inmediata.

La opinión desde el punto de vista del alumnado se ha recogido mediante la encuesta de la [Tabla 3](#), que se realizó al final de la sesión 5, es decir, tras haber realizado una sesión con *Matlab* de forma convencional. La encuesta ha sido realizada por 66 estudiantes, 19 en el grupo AL1, 16 en el grupo AL2, 18 en el grupo AL3 y 13 en el grupo AL4. La [Tabla 4](#) muestra los resultados obtenidos en media y desviación estándar de forma agregada para todos los grupos para los ítems con escala de tipo Likert.

Los resultados para la asignatura TC son claramente positivos en todos los ítems de tipo Likert, con valoraciones medias superiores al 4 sobre 5. Es importante destacar que al alumnado le ha parecido muy positiva la posibilidad de auto-evaluación (pregunta 3.3 y pregunta 3.6). Los ítems que han recibido una menor valoración en media han sido el relacionado con la curva de aprendizaje de la herramienta (pregunta 2.2) y el relacionado con la percepción de trabajo independiente sin supervisión (pregunta 3.5). Respecto a la pregunta de apreciación general (pregunta 4.2), un 94 % del alumnado recomienda usar la herramienta en otras asignaturas. De forma general, se aprecia una mejora de la motivación relacionada con la capacidad de auto-evaluación de las soluciones. Respecto a la complejidad de uso de la herramienta, al tratarse de alumnado que ya ha trabajado con *Matlab* con anterioridad, encuentran el entorno de trabajo de *Matlab Grader* un poco más limitado debido por ejemplo a la no posibilidad de acceder al directorio de trabajo (*workspace*) que almacena el valor de las variables creadas o a no poder ejecutar los programas paso a paso.

Respecto a la pregunta de formato abierto (pregunta 5), en primer lugar se ha revisado la realimentación proporcionada por alumnado que ya ha cursado la asignaturas con anterioridad, con un uso tradicional de *Matlab*. En este caso concreto, la realimentación ha sido positiva, y se muestran a continuación a modo de ejemplo dos respuestas que resumen su percepción.

*Al principio parecía una herramienta poco útil y difícil de usar, pero con el paso de las prácticas te das cuenta que es una herramienta muy útil y una gran propuesta, me ha gustado mucho y en particular yo continuaría con ella, ha sido un buen cambio.*

*Es un buen programa el cuál permite a los alumnos poder determinar su calificación antes de que el profesor califique la tarea.*

La realimentación del estudiantado de primera matrícula en la asignatura es similar. En general, se valora la capacidad de auto-evaluación y la rapidez, así como un proceso más guiado de la sesión.

*Creo que es una gran herramienta, que nos permite tener un seguimiento más claro de cómo llevamos la práctica y cómo nos está saliendo.*

*Muy buena herramienta para ver los errores de dónde te has equivocado con la auto-evaluación.*

*Me ayuda a trabajar de forma más fluida el laboratorio de la asignatura, sin duda es una herramienta muy útil.*

*En mi opinión Matlab grader es una muy buena herramienta, ya que a mi personalmente me ha facilitado mucho las prácticas de esta asignatura. Muchas veces no sabes si tienes algo bien o no y puedes seguir arrastrando el fallo, en cambio al poder ir evaluando el script podías saber si estabas realizando el ejercicio de manera correcta.*

Es posible encontrar alguna realimentación que hace referencia a las funcionalidades más limitadas de la herramienta, especialmente al no poder acceder al directorio de trabajo con los valores locales de las variables o a la ayuda para comprobar la definición de las funciones propias de *Matlab*. Este aspecto se puede solucionar trabajando en paralelo con *Matlab Grader* y con *Matlab*.

## 4.2 Señales y Sistemas Lineales

Además de los comentarios mencionados para el caso de TC, la principal observación a resaltar tras la implementación de la metodología es que la herramienta *Matlab Grader* permite principalmente automatizar la realimentación que proporciona el profesorado durante la clase. Es por ello que para el diseño de los ejercicios es muy importante conocer en qué partes de la resolución de los mismos son las que el alumnado suele encontrar dificultades. De especial interés son aquellos casos en los que con una pequeña ayuda, en forma de comentario de realimentación, se facilita que el estudiante pueda finalizar con éxito el ejercicio. Así, en la preparación del ejercicio es recomendable verificar esos pequeños errores, y proporcionar a los estudiantes esa realimentación que les permita completar el trabajo de forma satisfactoria.

En el caso de las actividades previas es importante que sean bastante guiadas porque normalmente se trata de conceptos que todavía no se han trabajado, puesto que se verán en la siguiente clase. Un pequeño recordatorio al inicio de la clase sobre el trabajo realizado en la actividad previa facilita que los estudiantes se integren más rápidamente en la dinámica de trabajo en el laboratorio. En el

caso de las actividades realizadas tras el laboratorio es importante explicarlas al final de la clase, incluso hacer alguna de ellas de forma presencial, para posteriormente dejar que completen el resto por su cuenta. Tanto en un caso como en el otro es recomendable ir incrementando poco a poco la dificultad de los ejercicios.

La experiencia del estudiantado en el uso de esta herramienta se ha recopilado a través de la encuesta presentada en la [Tabla 3](#). En el caso de la asignatura SSL, los resultados que se muestran en la [Tabla 4](#) corresponden a los 10 estudiantes que contestaron a la misma. Por lo general, las valoraciones observadas en SSL son sensiblemente inferiores a las de los estudiantes de TC. Dichos resultados pueden justificarse en parte por el hecho de que en SSL es la primera vez que los estudiantes emplean la herramienta *Matlab*, mientras que los estudiantes de TC ya la han empleado previamente en otras cuatro asignaturas. Esa situación puede justificar el que encuentren mayor dificultad en el uso de la herramienta.

Como SSL es la primera asignatura del GIT en la que se emplea *Matlab*, se ha considerado adecuado preguntar a los estudiantes por la dificultad que han tenido en el uso de *Matlab* y en el uso de *Matlab Grader*. En la [Tabla 4](#) se observa que los estudiantes han encontrado mayor dificultad en el uso de *Matlab* (pregunta 2.1) que en el uso de *Matlab Grader* (pregunta 2.2). Dicha respuesta puede justificarse en gran medida por el hecho de que las actividades realizadas con *Matlab Grader* son bastante más guiadas que las realizadas habitualmente con *Matlab* durante una sesión de laboratorio. En todo caso, este resultado pone de manifiesto que el uso de *Matlab Grader* es bastante intuitivo, y su aprendizaje no supone una dificultad adicional para los estudiantes.

Las cuestiones con las que más de acuerdo están los estudiantes son las relacionadas con que les ayuda a conocer si han realizado correctamente la actividad (pregunta 3.6) y que supone un beneficio para las prácticas de la asignatura (pregunta 3.2). La afirmación con la que han manifestado un menor grado de acuerdo es en el hecho de que no añada una complejidad adicional a la realización de la práctica (pregunta 3.4). Un resultado similar se ha observado también en los estudiantes de TC. Tal y como se ha mencionado anteriormente, dicha situación puede deberse al hecho de que el entorno de trabajo de *Matlab Grader* es más limitado que el entorno de *Matlab*. También se ha consultado a los estudiantes si recomendarían el uso de *Matlab Grader* tanto en la asignatura (pregunta 4.1) como en otras asignaturas (pregunta 4.2). En ambas preguntas, el 100% de las respuestas de los estudiantes es que recomiendan el uso de la herramienta *Matlab Grader*.

## 5 Conclusiones

En este trabajo se ha presentado la metodología aplicada y los resultados obtenidos tras incorporar la herramienta *Matlab Grader* en asignaturas de materias del área de Teoría de la Señal en el Grado en Ingeniería Telemática de la Universitat de València. En general, en el caso de asignaturas en las que se emplea alguna herramienta informática en los laboratorios, suele ser necesario dedicar parte del tiempo a explicar cómo funciona la herramienta empleada. Una de las principales ventajas observadas en el uso de *Matlab Grader* es que permite que el alumnado trabaje fuera del aula de forma asíncrona, permitiendo optimizar el tiempo disponible en las sesiones presenciales. Para incorporar esta herramienta, el profesorado ha tenido que realizar un proceso de reflexión para adaptar de forma adecuada los guiones de las sesiones. Sin embargo, el uso de la herramienta presenta múltiples beneficios para el profesorado, tanto durante la realización de las sesiones, como para la evaluación de las mismas. Para el alumnado que ya cuenta con experiencia en el trabajo con *Matlab*, esta herramienta no introduce dificultad adicional, pero presenta funcionalidades más reducidas. Sin embargo, el alumnado ha valorado muy positivamente la capacidad de auto-

evaluación y de realimentación instantánea y ha recomendado casi sin excepción su extensión al resto de asignaturas que utilizan el programa *Matlab* en sus sesiones de laboratorio.

## Referencias bibliográficas

Boada, Y. & Vignoni, A. (2021). Automated code evaluation of computer programming sessions with MATLAB Grader. *2021 World Engineering Education Forum/Global Engineering Deans Council (WEEF/GEDC)*, 500-505.

Botella-Mascarell, C., Roger, S., Soriano-Asensi, A., Pérez, J., Segura, S., J. Felici i Castell & Navarro-Camba, E. Radio definida por software y docencia en línea: experiencia en el Grado en Ingeniería Telemática. En: *IN-RED 2021. VII Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red*. Valencia (Spain). 2021, julio.

Botella-Mascarell, C., Soriano-Asensi, A., Segura-Garcia, J., Perez, J., Felici-Castell, S., Navarro-Camba, E., Garcia-Pineda, M. & Montagud, M. Evaluación del impacto del uso de dispositivos de radio definida por software como herramienta docente en la materia de comunicaciones digitales. En: *XXXV Simposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio*. Málaga (Spain). 2020, septiembre.

Echauri, A., Minami, H. & Izquierdo, J. (2012). La Escala de Likert en la evaluación docente: acercamiento a sus características y principios metodológicos. *Perspectivas docentes*, 31-40.

Martínez Guardiola, F. J., Alavés Baeza, V., Romero Puig, N., Gimeno Nieves, E. & Francés Monllor, J. (2021). Utilización de Matlab Grader y Matlab Live Scripts para la docencia en asignaturas técnicas de Ingeniería. *Redes de Investigación e Innovación en Docencia Universitaria. Volumen 2021*, 709-722.

Segura, J., Botella, C., Soriano, A. & Felici, S. Innovación en docencia de sistemas de comunicación en el Grado de Ingeniería Telemática de la UVEG. En: *IN-RED 2016. II Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red*. Valencia (Spain). 2016, julio.

Segura-Garcia, J., Soriano-Asensi, A., Botella, C., Felici-Castell, S. & García-Pineda, M. Uso de Software-Defined Radio en la enseñanza de sistemas de comunicaciones. En: *XIII Jornadas de Ingeniería telemática (JITEL)*. Valencia (Spain). 2017, septiembre.

Smith P.E., N. (2020). Integration of Instructional Technology Tools Including Matlab Grader to Enhance Learning in a Hybrid Vibrations Course. *2020 ASEE Virtual Annual Conference Content Access*.

Soriano-Asensi, A., Segura, J., Botella, C., Pérez, J. & Felici i Castell, S. Aprendizaje basado en proyectos en los laboratorios de comunicaciones digitales. En: *IN-RED 2019. V Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red*. Valencia (Spain). 2019, julio.

Watkins, J. & Mazur, E. (2009). Using JiTT with Peer Instruction. En S. Simkins & M. Maier (Eds.), *Just in Time Teaching Across the Disciplines* (39-62). Stylus Publishing.