

Universidad de

**Cádiz**

Escuela Superior de Ingeniería

**PROGRAMA DE DOCTORADO INTERUNIVERSITARIO EN  
INGENIERÍA DE FABRICACIÓN**

*TESIS DOCTORAL*

**ANÁLISIS DEL APRENDIZAJE BASADO EN VIDEOJUEGOS SERIOS  
EN LAS PRÁCTICAS DE LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA**



**PUERTO REAL**  
diciembre 2015

Milagros Huerta Gómez de Merodio





**PROGRAMA DE DOCTORADO  
INTERUNIVERSITARIO EN INGENIERÍA  
DE FABRICACIÓN**

***TESIS DOCTORAL***

**Análisis del Aprendizaje Basado en  
Videojuegos Serios en las Prácticas  
de los Estudios de Ingeniería**

Memoria presentada por Dña. Milagros Huerta Gómez de Merodio  
para optar al grado de Doctor por la Universidad de Cádiz, dirigida  
por los Doctores D. Juan Manuel Dodero Beardo y D. Mauro Jorge  
Guerreiro Figueiredo

Puerto Real  
diciembre 2015



**DR. D. JUAN MANUEL DODERO BEARDO, PROFESOR TITULAR DE LA ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE CÁDIZ Y DR. D. MAURO JORGE GUERREIRO FIGUEIREDO, PROFESOR DEL INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA LA UNIVERSIDAD DE ALGARVE (PORTUGAL)**

**CERTIFICAN:**

Que el presente trabajo ha sido realizado en el Departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial, bajo su dirección.



Dr. D. Juan Manuel Dodero Beardo, Profesor Titular de la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Cádiz y Dr. D. Mauro Jorge Guerreiro Figueiredo, profesor del Instituto Superior de Engenharia la Universidad de Algarve (Portugal), en calidad de Directores de la Tesis Doctoral titulada

“Análisis del Aprendizaje Basado en Videojuegos Serios en las Prácticas de los Estudios de Ingeniería”

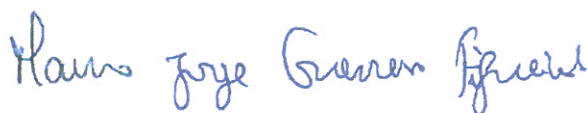
presentada por Dña. Milagros Huerta Gómez de Merodio, **AUTORIZAN** a la realización de los trámites correspondientes para su depósito y posterior lectura y defensa.

Lo que firman, de acuerdo con la normativa vigente que regula el Tercer Ciclo de Estudios Universitarios.

En Cádiz, a 27 de octubre de 2015



Dr. D. Juan Manuel Dodero Beardo



Dr. D. Mauro Jorge Guerreiro Figueiredo





“El germen de todo plan y de toda empresa es una idea;  
no capital, ni trabajo,  
sino una idea.”

Henry Ford (1844-1929)  
Industrial estadounidense



“Dime y lo olvido,  
enséñame y lo recuerdo,  
involúcrame y lo aprendo.”

Benjamin Franklin (1706-1790)  
Estadista, pensador, filántropo y científico estadounidense



# **Agradecimientos**

A TODAS y CADA UNA de las personas que: han puesto su granito (o montaña) de arena para que este trabajo haya sido posible; me han ayudado, sin esperar nada a cambio; me han escuchado, animado y aguantado en los malos momentos; a familiares, amigos, compañeros de trabajo y alumnos; al Instituto Superior de Ingeniería de la Universidad de Algarve por acogerme y poner a mi disposición todo lo que he ido necesitando durante la elaboración de este trabajo, y por supuesto, a mis Directores de Tesis, simplemente

**GRACIAS**



# Resumen

Las competencias a desarrollar en los estudios de ingeniería suelen realizarse en sesiones de prácticas. Algunas de estas prácticas se realizan trabajando con máquinas y/o herramientas, en puestos de trabajo pequeños, de manera que el número de alumnos por puesto de trabajo debería adaptarse según las características de cada práctica.

En este trabajo se ha desarrollado una metodología denominada *Flip-Game Engineering & Technology (Flip-GET)*, que surge por la necesidad encontrar una solución al incremento del número de alumnos, para lo cual se propone adaptar las prácticas de ingeniería a las nuevas tecnologías informáticas. El elemento innovador de esta metodología es el uso de juegos serios, como complemento al método del aula invertida en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudios de ingeniería. El aula invertida (*Flipped Classroom*) consiste en darle la vuelta a la clase haciendo que los alumnos comiencen a desarrollar las competencias de aprendizaje fuera del aula, haciendo uso de libros de texto o videos como material de apoyo. Por otro lado, los juegos serios (*Serious Games*) aprovechan la capacidad de motivación que poseen los videojuegos para la actual generación de estudiantes, que ha crecido rodeada de contenidos digitales, software y dispositivos electrónicos.

La metodología propuesta se ha evaluado utilizando el método por casos de estudio y mediante una evaluación experimental realizada en diferentes eta-

pas, cada una de las cuales se ha desarrollado durante un curso académico. En la evaluación experimental de la metodología, el grupo de control ha realizado las prácticas dividiendo a los alumnos en subgrupos, sin utilizar la metodología *Flip-GET*, mientras que el grupo experimental las ha realizado con la metodología.

Durante un curso académico, se dividió a cada grupo de prácticas en subgrupos, teniendo que repetirse la explicación de la práctica tantas veces como subgrupos de prácticas había. Posteriormente, se implementó la metodología, de manera que el alumno tuviera que realizar las prácticas virtualmente, a través de un videojuego, antes de asistir al aula. Esta experiencia resultó satisfactoria tanto para los alumnos como para el profesor. De forma que los alumnos adquirieron, a través del videojuego, las competencias necesarias para realizar las prácticas y el profesor estuvo en el aula como apoyo.

Dado que esta metodología implica fuertemente al profesorado, también se ha evaluado mediante un seminario y encuesta a profesores universitarios de diferentes disciplinas, estando, un porcentaje alto de ellos, dispuestos a implementarla en sus clases.

A la vista de estos resultados, hay evidencias de que la metodología *Flip-GET* mejora la eficacia de las clases de prácticas de los estudios de ingeniería: se pueden realizar en grupos reducidos, sin dejar de ser sostenibles para el profesorado; y ayuda a mejorar la adquisición de competencias de las prácticas de los estudios de ingeniería por parte del alumnado. Por este motivo, se espera que su aplicación en aquellas asignaturas de los estudios de ingeniería, con prácticas en las que se trabaja con máquinas y/o herramientas similares a las que en este trabajo se muestran, sea una realidad.



# Índice

ÍNDICE I. GENERAL.....	II
ÍNDICE II. FIGURAS.....	V
ÍNDICE III. TABLAS.....	VIII
ÍNDICE IV. RECUADROS.....	X

## ÍNDICE I: GENERAL

CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Introducción .....	3
1.2. Objetivos.....	4
1.3. Marco y cronología de la investigación.....	5
1.3.1. Marco de la investigación .....	5
1.3.2. Cronología de la investigación.....	6
1.4. Alcance de la Investigación .....	6
1.5. Motivación de la investigación .....	7
1.6. Hipótesis de investigación .....	8
1.7. Organización de la Tesis .....	9
CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE .....	11
2.1. Presentación del Tema.....	13
2.2. Revisión de la literatura. ....	16
2.3. Descripción de las etapas del SLR.....	17
2.3.1. Etapa de la Planificación de la Revisión .....	17
2.3.2. Etapa del Desarrollo de la Revisión.....	18
2.3.3. Etapa de la Publicación de resultados.....	19
2.4. Resultado de la Revisión Sistemática de la Literatura (SLR) .....	19
2.4.1. Planificación de la revisión .....	19
2.4.2. Desarrollo de la revisión .....	28
2.4.3. Publicación de resultados.....	37
CAPÍTULO 3. <i>SERIOUS GAME Y FLIPPED CLASSROOM</i> EN LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE .....	39
3.1. Introducción .....	41
3.2. Contribución de <i>Serious Game</i> en los procesos de enseñanza- aprendizaje .....	44
3.3. Contribución del <i>Flipped Classroom</i> en los procesos de enseñanza- aprendizaje .....	46
3.4. Combinación de <i>Serious Game</i> y <i>Flipped Classroom</i> en los procesos de enseñanza-aprendizaje.....	49
3.5. Conclusiones .....	51
3.6. Objetivos e Hipótesis planteadas.....	52

CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA <i>FLIP-GAME</i> <i>ENGINEERING &amp; TECHNOLOGY</i> .....	53
4.1. Introducción. ....	55
4.2. Componentes del <i>Flip-GET</i> .....	56
4.2.1. Objetivos de la práctica .....	56
4.2.2. Actividades .....	57
4.2.3. Actividades de evaluación .....	60
4.2.4. Roles .....	61
4.2.5. Recursos .....	62
4.2.6. Entorno .....	63
4.3. Objetivos de aprendizaje y requisitos previos del <i>Flip-GET</i> .....	63
4.3.1. Objetivos de aprendizaje .....	64
4.3.2. Requisitos previos .....	65
4.4. Método para el <i>Flip-GET</i> .....	65
CAPÍTULO 5. DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	75
5.1. Antecedentes.....	77
5.2. Implementación de la Metodología <i>Flip-GET</i> .....	80
5.2.1. Seleccionar las prácticas para implementar la metodología .....	81
5.2.2. Describir el contenido de la práctica y establecer los objetivos .....	82
5.2.3. Elaborar la guía de la práctica .....	83
5.2.4. Desarrollo del videojuego .....	83
5.2.5. Probar el videojuego .....	87
5.2.6. Dar acceso al videojuego para los alumnos .....	88
5.2.7. Ejecutar el videojuego .....	89
5.2.8. Dividir a los alumnos en subgrupos de prácticas.....	93
5.2.9. Asistir a prácticas presencialmente .....	95
5.2.10. Elaborar el informe de la práctica .....	95
5.2.11. Evaluación de la práctica .....	95
5.3. Evaluación por casos de estudio .....	96
5.3.1. Caso 1 – sin <i>Flip-GET</i> .....	97
5.3.2. Caso 2 – con <i>Flip-GET</i> .....	99
5.4. Evaluación experimental.....	102
5.5. Análisis de tiempos para la metodología <i>Flip-GET</i> .....	106

5.6. Encuesta a los alumnos sobre la metodología <i>Flip-GET</i> .....	108
5.7. Seminario y encuesta a profesores sobre la metodología <i>Flip-GET</i> .....	111
5.8. Contribuciones.....	116
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	117
6.1. Conclusiones.....	119
6.1.1 Aplicabilidad .....	121
6.1.2 Amenazas a la viabilidad .....	121
6.2. Trabajos futuros.....	122
ANEXO A. RESULTADOS DEL ESTADO DEL ARTE .....	125
ANEXO B. LISTADO DE COMPETENCIAS.....	131
ANEXO C. DIAGRAMA DE FLUJO COMPLETO DE LA METODOLOGÍA <i>FLIP-GAME ENGINEERING &amp; TECHNOLOGY</i> .....	137
ANEXO D. ESTUDIO DEL NÚMERO DE ALUMNOS MATRICULADOS EN RESISTENCIA DE MATERIALES .....	141
ANEXO E. GUÍA DE PRÁCTICAS DE FLEXIÓN, TRACCIÓN Y TORSIÓN..	147
GLOSARIO DE SIGLAS.....	159
REFERENCIAS .....	161

## ÍNDICE II: FIGURAS

Figura 2.1 Número total de artículos, clasificados por año, para cada palabra clave, hasta el 2014.....	22
Figura 2.2 Porcentaje de artículos, por año, para cada palabra clave.....	23
Figura 2.3 Porcentaje de artículos publicados en los últimos años, por cada palabra clave, filtrado por <i>engineering education</i> .....	24
Figura 2.4 Porcentaje de artículos para las palabras clave <i>serious game &amp; engineering education</i> , separado por <i>e-Learning</i> y <i>b-Learning</i> .....	26
Figura 2.5 Artículos Distribuidos por Tema Principal – Tipo de Publicación.....	31
Figura 2.6 Especialidades distribuidas por Tipo de Publicación – Metodología	34

Figura 4.1 Material para la práctica.....	62
Figura 4.2 Ejemplo de un aula de prácticas.....	63
Figura 4.3 Gráfica con valores de la práctica.....	67
Figura 4.4 Montaje de la práctica “Constante elástica de un resorte”.....	68
Figura 4.5 Diagrama de Flujo Genérico del Videojuego.....	68
Figura 4.6 Diagrama de Flujo – Probar el Videojuego.....	69
Figura 4.7 Diagrama de Flujo – Ejecutar el Videojuego.....	70
Figura 4.8 Diagrama de Flujo – Comprobar Aula.....	71
Figura 4.9 Diagrama de Flujo – Práctica en el Aula.....	72
Figura 4.10 Diagrama de Flujo Esquemático – Metodología <i>Flip-GET</i> .....	73

Figura 5.1 Equipos: a) FL 100 Sistema Didáctico de Galgas Extensométricas b) WP120 Pandeo de Barras.....	82
Figura 5.2 Viga empotrada en un extremo y libre en el otro, con una carga puntual a) en el extremo b) en un punto intermedio de la viga.....	82
Figura 5.3 Diagrama de Flujo de la práctica Ensayo de Flexión.....	83
Figura 5.4 Escenas del videojuego, en la plataforma <e-Adventure>.....	84
Figura 5.5 Objetos utilizados, en la plataforma <e-Adventure>.....	84
Figura 5.6 Personajes utilizados en la plataforma <e-Adventure>.....	85
Figura 5.7 Configurando al “Profesor Virtual” para que simule que habla.....	85

Figura 5.8 Configurando Manual Esquemático de la Práctica.....	86
Figura 5.9 Configurando Actividades Evaluables de la Práctica.....	86
Figura 5.10 Escena con un error, antes de su modificación.....	87
Figura 5.11 Aula Virtual de la asignatura RM, en la plataforma Moodle.....	88
Figura 5.12 Acceso a la Práctica Virtual, en la plataforma Moodle.....	89
Figura 5.13 Laboratorio del videojuego.....	89
Figura 5.14 Escena: el alumno escoge si hacer la práctica guiada.....	90
Figura 5.15 Escena: profesor virtual explicando la práctica.....	90
Figura 5.16 Escena: profesor virtual explicando la posición de las galgas.....	91
Figura 5.17 Escena: fin de la práctica guiada.....	91
Figura 5.18 Escena: inicio de la práctica sin guiar.....	91
Figura 5.19 Escena: fin de la práctica sin guiar.....	92
Figura 5.20 Informe final de la práctica.....	92
Figura 5.21 Realizando práctica de Flexión: 2 alumnos/puesto de trabajo.....	93
Figura 5.22 Realizando práctica de Flexión: 4 alumnos/puesto de trabajo.....	94
Figura 5.23 Realizando práctica de Pandeo: 4 alumnos/puesto de trabajo.....	94
Figura 5.24 Realizando el informe de la práctica.....	95
Figura 5.25 Porcentaje Apto/No Apto del Cuestionario – Curso 2012/2013.....	98
Figura 5.26 Diagrama de Caja/Nota Cuestionario – Curso 2012/2013.....	98
Figura 5.27 Diagrama de Caja – Nota Cuestionario – Curso 2013/2014.....	100
Figura 5.28 Diagrama de Caja – Nota PV_1 y PV_2 – Curso 2013/2014.....	101
Figura 5.29 Diagrama de Caja – Nota por grupos – Curso 2014/2015.....	103
Figura 5.30 N° Aptos Cuestionario/Asignatura – Curso 2014/2015.....	104
Figura 5.31 Diagrama de Caja Nota Grupos/Asignatura–Curso 2014/2015.....	105
Figura 5.32 Relación Horas/Actividades de desarrollo del videojuego.....	107
Figura 5.33 ¿Dificultades para comenzar la práctica virtual?.....	109
Figura 5.34 ¿Dificultades para entender qué hacer?.....	109
Figura 5.35 ¿Preparado para realizar la práctica presencial?.....	110
Figura 5.36 ¿Implementar la metodología en otras asignaturas?.....	110
Figura 5.37 Edad y sexo de los profesores asistentes.....	111
Figura 5.38 Antigüedad y docencia de los profesores asistentes.....	112
Figura 5.39 Uso de las tecnologías de los profesores asistentes.....	113
Figura 5.40 Conocimiento de FC y SG de los profesores asistentes.....	113
Figura 5.41 Uso del Campus Virtual de los profesores asistentes.....	114

Figura 5.42 ¿Prácticas similares a las del seminario?.....115

---

Figura D.1 N° de alumnos matriculados en RM, por curso académico.....145

## ÍNDICE III: TABLAS

Tabla 2.1 Número total de artículos publicados, para las palabras clave de “experiencias virtuales”.....	21
Tabla 2.2 Número de artículos publicados, por año, para las palabras clave de “experiencias virtuales”.....	22
Tabla 2.3 Número de artículos publicados, por año, de la Tabla 2.2, filtrados por <i>engineering education</i> .....	24
Tabla 2.4 Número de artículos, filtrado por <i>e-Learning</i> y <i>b-Learning</i> , para las palabras clave <i>serious game &amp; engineering education</i> .....	25
Tabla 2.5 Número de Artículos clasificados por Tema Principal – Tipo de publicación.....	31
Tabla 2.6 Número Artículos por Especialidades – Tipo de publicación. Clasificación previa.....	32
Tabla 2.7 Número Artículos por Especialidades – Tipo de publicación. Clasificación definitiva.....	33
Tabla 2.8 Número Artículos por Metodología – Tipo de publicación. Clasificación previa.....	33
Tabla 2.9 Número Artículos por Metodología – Tipo de publicación. Clasificación definitiva.....	34
Tabla 2.10 Número Artículos por año – Filtrados con <i>Flipped Classroom</i> .....	36
<hr/>	
Tabla 3. 1 Objetivos e Hipótesis de la Tesis Doctoral.....	52
<hr/>	
Tabla 5.1 Recopilación de datos de los Casos de Estudio.....	80
Tabla 5.2 Resultados del Cuestionario por Género – Curso 2012/2013.....	97
Tabla 5.3 Notas Cuestionario/Tipología alumnos – Curso 2012/2013.....	97
Tabla 5.4 Número Apto/No Apto del Cuestionario – Curso 2012/2013.....	98
Tabla 5.5 Nota Media/Desviación Típica del Cuestionario – Curso 2013/2014.....	100
Tabla 5.6 Nota Media/Desviación Típica de PV_1 y 2 – Curso 2013/2014.....	101
Tabla 5.7 Nota media del Cuestionario – Curso 2014/2015.....	103



Tabla 5.8 N° Apto/No Apto del Cuestionario – Curso 2014/2015.....	104
Tabla 5.9 N° Apto/No Apto del Cuestionario/Asignatura – Curso 2014/2015...	104
Tabla 5.10 Recopilación de datos de los Casos de Estudio.....	105
Tabla 5.11 Recopilación datos cursos 2012/2013 – 2013/2014 – 2014/2015...	106

---

Tabla D.1 N° de Alumnos en ITIM – curso académico.....	143
Tabla D.2 N° de Alumnos en las titulaciones actuales – curso académico.....	144
Tabla D.3 N° de Grupos y Ratio de Alumnos/grupo – curso académico.....	145

## ÍNDICE IV: RECUADROS

Recuadro 4.1 Enunciado de la Práctica Básica “Resorte” .....	56
Recuadro 4.2 Objetivo de la Práctica Básica “Resorte” .....	57
Recuadro 4.3 Conocimientos básicos para la Práctica “Resorte” .....	59
Recuadro 4.4 Material necesario para la Práctica.....	62
Recuadro 4.5 Competencia básica (CB1) para la Práctica.....	64
Recuadro 4.6 Listado y elección de Prácticas de la materia de Física.....	66
Recuadro 4.7 Descripción y objetivos de la Práctica .....	66
Recuadro 4.8 Guía para la Práctica.....	67

# **CAPÍTULO 1**

## **Descripción de la investigación**

En este capítulo se comienza haciendo una breve introducción sobre las experiencias virtuales y diferentes metodologías docentes en los estudios de ingeniería, se continúa describiendo los objetivos para, posteriormente, indicar el marco de investigación establecido y la cronología. A continuación se indica el alcance establecido para este trabajo, se explican los antecedentes y se establecen las hipótesis de este trabajo de investigación. Finalmente se explica brevemente el contenido de los diferentes capítulos que componen esta tesis doctoral.



## 1.1. Introducción

El mundo que rodea a los estudiantes actuales ha cambiado de manera significativa, debido a la era digital en la que nos encontramos. La actual generación de estudiantes ha crecido en un entorno digital, rodeada de dispositivos como ordenadores, tabletas digitales, teléfonos móviles, etc.

La mayoría de los alumnos de los estudios STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) se sienten atraídos por todo lo referente a las nuevas tecnologías, sobre todo aquellas en las que ellos son participantes activos [1]. Además, el proceso de enseñanza-aprendizaje en estos estudios apenas ha evolucionado en los últimos tiempos. Según Felder [2], los estilos de aprendizaje de la mayoría de los estudiantes de ingeniería son incompatibles con los estilos de enseñanza de la mayoría de los profesores, conduciendo a un bajo rendimiento por parte los estudiantes, frustración por parte del profesorado y una pérdida para la sociedad de muchos ingenieros potencialmente excelentes. Por todo esto, se estima necesario implementar en el aula metodologías y entornos de aprendizaje atractivos para ellos.

Dentro de las diferentes actividades que se realizan en estos estudios (teoría, problemas y prácticas), en el presente trabajo se analiza un problema que se está produciendo en las prácticas. El gran incremento de alumnos que se está dando en los estudios de ingeniería, conlleva a que la ratio de alumnos por puesto de trabajo sea superior a la deseable, para que las prácticas puedan realizarse de manera adecuada.

Entre las nuevas metodologías docentes que se pueden implementar en el aula, haciendo uso de herramientas y entornos que resulten atractivos para los estudiantes de ingeniería, se ha realizado un análisis de las diferentes experiencias virtuales existentes, así como del uso que se está realizando actualmente por parte del profesorado. De entre las diferentes experiencias virtuales, las más comunes son: *alternate reality game*, *virtual simulation*, *serious game* y *virtual world*. Se ha comprobado que el uso de *serious game* está aumentando, en el ámbito de la educación en ingeniería.

*Serious Game* (SG o juegos serios) es una herramienta de gran aceptación por parte de estos alumnos pues, además de entretener, puede servir para adquirir destrezas y conocimientos, siempre y cuando se realicen de forma adecuada [3]. Por este motivo, este trabajo se ha centrado en el aprendizaje basado en juegos serios, en los estudios de ingeniería. Además, analizando las metodologías que se están empleando actualmente en la docencia, se ha encontrado una metodología prometedora en el ámbito de las ingenierías, *Flipped Classroom* (FC o aula invertida) [4].

## 1.2. Objetivos

Para tratar de mejorar la realización de las prácticas para los estudios de ingeniería, se han establecido los siguientes objetivos:

- O1. Analizar la sostenibilidad y eficacia de las prácticas que actualmente se están impartiendo en los estudios de ingeniería seleccionados. Con este análisis, se podrá identificar la problemática que se está dando en las sesiones de prácticas, y así poder de buscar una solución para que se puedan impartir de manera adecuada por el profesorado y sean eficientes para el alumnado.
- O2. Desarrollar una metodología para mejorar la eficacia de las prácticas presenciales. Se pretende virtualizar algunas prácticas, con objeto de mejorar su eficacia, así como la motivación, por parte del alumnado, para realizarlas. Estas prácticas virtualizadas formarán parte de la metodología desarrollada
- O3. Evaluar si la implementación de la metodología desarrollada ayuda a los alumnos y/o profesores a mejorar la realización de las prácticas presenciales. Para poder conseguir este objetivo, se analizará si la implementación de la metodología desarrollada mejora la motivación para la realización de las prácticas, así como si ayuda al desarrollo de las competencias de la materia

Para alcanzar el primer objetivo (O1), se ha estudiado la situación actual de las prácticas en los estudios de ingeniería y se ha analizado la sostenibilidad y eficacia de las mismas. Para ello, se ha comenzado realizado un análisis sistemático de la litera-

tura sobre las experiencias virtuales educativas dentro de la ingeniería. De este análisis se ha sacado como conclusión que el uso de los juegos serios es una solución prometedora para la virtualización de las prácticas.

Para el segundo objetivo (O2), se han analizado las diferentes metodologías que se podrían emplear para implementar *Serious Game* en las prácticas. La metodología seleccionada es la denominada como *Flipped Classroom*. A continuación, se ha realizado un estudio detallado de lo que está investigado hasta la fecha en los estudios de ingeniería sobre *Serious Game* y *Flipped Classroom* y no se han encontrado trabajos que combine ambas metodologías, aunque sí propuestas de trabajo futuro. Por este motivo, surgió la idea de desarrollar una metodología para las prácticas en los estudios de ingeniería, que combinara el uso de los juegos serios en el aula invertida.

Una vez desarrollada la metodología, para alcanzar el tercer y último objetivo (O3), se ha procedido su estudio, implementación y evaluación a lo largo de tres cursos académicos. Previamente se ha analizado la aplicabilidad de la metodología en las prácticas de ingeniería, tanto por parte del profesorado como por parte del alumnado.

### **1.3. Marco y cronología de la investigación**

En este apartado se comienza estableciendo el marco de la investigación y, a continuación, se indica la cronología seguida durante el periodo que ha durado la investigación.

#### **1.3.1. Marco de la investigación**

Este trabajo de investigación se ha realizado sobre aquellas prácticas que se realizan utilizando maquinas y/o herramientas, para los estudios de ingeniería. Concretamente, se han encontrado trabajos relacionados con los entornos virtuales educativos, anteriormente mencionados, en las siguientes disciplinas de ingeniería: ingeniería civil, ingeniería de construcción, ingeniería eléctrica y electrónica, ingeniería del software, ingeniería mecánica, e ingeniería en general.

El desarrollo de la investigación se ha centrado en la materia Resistencia de Materiales (RM), una de las más comunes en los estudios de ingeniería en general. Para esta investigación, la muestra ha sido tomada de los estudiantes de ingeniería de la Universidad de Cádiz (UCA), concretamente de la Escuela Superior de Ingeniería (ESI). Los motivos principales para utilizar esta muestra han sido: por la accesibilidad y disponibilidad que se tiene para esta experimentación; y por la cobertura suficiente con la que se imparte en dicha escuela (debido al incremento de alumnos y titulaciones en los últimos años). Concretamente, la metodología desa-

rollada se ha implementado en la asignatura Resistencia de Materiales del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto (GIDlyDP), durante los cursos 2013/2014 y 2014/2015.

### 1.3.2. Cronología de la investigación

El presente trabajo de investigación, comenzó en el primer semestre del curso 2012/2013, cuando intentaba solventarse la problemática surgida en las prácticas de los estudios de ingeniería, para la materia Resistencia de Materiales: la ratio de alumnos por puesto de trabajo para las prácticas era demasiado elevada (en la asignatura Elasticidad y Resistencia de Materiales del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales), no siendo posible, administrativamente, incrementar el número de grupos para reducir esa ratio. A partir de ese curso académico se recopilaron los datos relacionados con las prácticas de dicha materia.

Durante segundo semestre del curso 2012/2013 y el primer semestre del curso 2013/2014, se desarrolló una metodología, la cual se implementó en dos de las prácticas de Resistencia de Materiales del segundo semestre del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto del curso 2013/2014. Todos los alumnos realizaron la práctica con dicha metodología.

Posteriormente, en el curso 2014/2015, para poder analizar si dicha metodología solventaba la problemática, se realizó un diseño experimental con grupo de control. De esta manera se podrán comparar ambos resultados y concluir si con dicha metodología se puede resolver el problema de partida, así como si es sostenible su implementación.

## 1.4. Alcance de la Investigación

Esta investigación está centrada en las prácticas de los estudios de ingeniería a través de los juegos serios, como experiencias virtuales educativas. Con el fin de alcanzar los objetivos del trabajo anteriormente indicados, se ha comenzado examinando lo que ya está investigado sobre la aplicación de las TIC en la enseñanza universitaria en general para, posteriormente, centrar la investigación en los estudios de ingeniería.

Los estudios empleados para las experiencias virtuales educativas en la ingeniería, se publican habitualmente en revistas o congresos relacionados tanto con las nuevas tecnologías, como con la educación y la ingeniería. Las fuentes que se han empleado para este trabajo de investigación son las siguientes Bibliotecas Digitales: IEEE Xplore, Elsevier, IGI Global. De estas bibliotecas se han seleccionado las fuentes



que ofrecen artículos de calidad, utilizando como criterios principales: la fuente debe tener una existencia mínima de 10 años; debe tener un sistema de revisión por pares; debe aparecer en índices o catálogos que asignen a cada revista un índice de calidad relativo dentro del conjunto de revistas asociadas a una misma categoría.

### **1.5. Motivación de la investigación**

La presente tesis doctoral surge como posible respuesta a la problemática que se está presentando en las prácticas de los estudios de ingeniería. Concretamente, se centra en las prácticas que utilizan máquinas y/o herramientas, en las que lo deseable es poder ajustar el número de alumnos por grupo de prácticas en función del espacio disponible en un puesto de trabajo, el número de puestos de trabajo y la complejidad de la práctica. Sin embargo, esto no suele poder realizarse por motivos organizativos, siendo, en general, los grupos de igual tamaño para todas las prácticas (sin hacer distinción ni de la materia que se está impartiendo, ni de la diferencia que tiene cada práctica, dentro de una misma materia, tanto en el puesto de trabajo como en la complejidad de la misma).

Las prácticas de estos estudios cada vez se encuentran más masificadas (sobre todo en los primeros cursos) y, al no poderse incrementar el número de grupos, la ratio de alumno/puesto de trabajo no se adecúa a las necesidades de cada práctica. Por este motivo, durante un curso académico se vio necesario buscar una solución, pues cuando existe un elevado número de alumnos por grupo de prácticas, es difícil realizarlas de manera adecuada para que todos estén cerca del puesto de trabajo y puedan realizar la práctica de manera eficaz, sin quedarse como meros espectadores. La solución adoptada fue dividirlos en subgrupos y dividir las prácticas en varias fases (explicación de la práctica, toma de datos en el puesto de trabajo, elaboración de informe y análisis de datos), de manera que los subgrupos de trabajo iban rotando según la fase de la práctica en la que se encontraban. El principal objetivo era que todos tuvieran acceso a los puestos de trabajo para realizar la práctica, además, serviría para intentar que los alumnos se sintieran los principales protagonistas (a la hora de realizar las prácticas). Esta experiencia resultó, en parte, positiva, pues los alumnos no se quedaron como simples espectadores, aunque seguían siendo muchos alumnos por puesto de trabajo. También se consiguió involucrar más a los alumnos, aunque resultó poco sostenible para el profesorado, debido a que tuvo que repetir la explicación de la práctica tantas veces como subgrupos se habían establecido.

Dado que la experiencia de reducir el número de alumnos por puesto de trabajo había resultado positiva, pero poco sostenible para el profesorado, se planteó que ha-

bía que cambiar la forma de impartir este tipo de prácticas, principalmente en aquellas materias que tuvieran la misma problemática. Una posible solución sería desarrollar una metodología que, mediante la virtualización de las prácticas, ayudara a mejorar su realización. Con la idea de combinar *FC* con *SG*, de manera que el alumno, a través del juego, aprenda a realizar la práctica antes de asistir al aula, es cuando surgió la metodología *Flip-Game Engineering & Technology (Flip-GET)*.

## 1.6. Hipótesis de investigación

En este apartado se desarrollan las hipótesis planteadas para cada uno de los objetivos propuestos en el apartado 1.2.

### O1. Analizar la sostenibilidad y eficacia de las prácticas que actualmente se están impartiendo en los estudios de ingeniería seleccionados.

H1. ¿Las prácticas son sostenibles para el profesorado que las imparte?

Para una buena elaboración de las prácticas en los estudios de ingeniería, lo primero que hay que tener en cuenta es si son sostenibles para el profesorado que las imparte.

H2. ¿Las prácticas son eficaces para el alumnado?

Hay que analizar si las prácticas, tal y como se están impartiendo actualmente, son eficaces para los alumnos, adquiriendo las competencias para las que están elaboradas.

### O2. Desarrollar una metodología para mejorar la eficacia de las prácticas presenciales.

H3. ¿La implementación de la metodología *Flip-GET* mejora la eficacia?

Una vez desarrollada y evaluada la metodología, hay que analizar si su implementación ayuda a que las prácticas se desarrollen de una manera más eficaz.

### O3. Evaluar si la implementación de la metodología desarrollada ayuda a los alumnos y/o profesores a mejorar la realización de las prácticas presenciales.

H4. ¿La implementación de la metodología *Flip-GET* mejora la motivación para la realización de las prácticas?

Tras la implementación de la metodología, se puede comprobar si incrementa la motivación de los alumnos para realizarlas.

H5. ¿La implementación de la metodología *Flip-GET* ayuda al desarrollo de las competencias de la materia?

Una vez desarrollada y evaluada la metodología, hay que analizar si su implementación ayuda a los alumnos a mejorar la adquisición de las competencias objeto de cada práctica.

### 1.7. Organización de la Tesis

Para una buena comprensión de este trabajo de investigación, a continuación se describe el contenido de cada uno de los capítulos que componen la presente tesis doctoral.

En el **CAPÍTULO 1** se describe el problema de partida, los objetivos y las cuestiones de investigación para, posteriormente, indicar el marco de investigación establecido. A continuación se indica la cronología de la investigación, el alcance de este trabajo y se establecen las hipótesis de investigación de este trabajo de investigación. Finalmente se explica brevemente el contenido de los diferentes capítulos que componen esta tesis doctoral.

En el **CAPÍTULO 2** se hace una Revisión Sistemática de la Literatura (SLR: *Systematic Literature Review*), para analizar las investigaciones existentes sobre la problemática descrita en este trabajo de investigación y así poder buscar posibles soluciones a dicha problemática. Se describen las etapas seguidas durante la SLR, para finalmente exponer el resultado de la revisión y la publicación de los resultados.

En el **CAPÍTULO 3**, se analizan los trabajos de investigación encontrados sobre algunas metodologías que están apareciendo en el proceso de enseñanza-aprendizaje para los estudios de ingeniería. Se continúa con las conclusiones y se finaliza elaborando una tabla con los objetivos e hipótesis de esta Tesis Doctoral.

En el **CAPÍTULO 4** se hace una descripción de la metodología desarrollada en este trabajo de investigación, se hace una descripción de los componentes de la metodología, se establecen los objetivos de aprendizaje y los requisitos previos para poder implementarla y se finaliza describiendo los pasos a seguir para implementarla. Todo ello poniendo como ejemplo de guía una práctica sencilla de Física elemental.

En el **CAPÍTULO 5** se describe cómo surgió la idea de crear la metodología, así como los pasos seguidos para su implementación. Posteriormente se describe el método empleado para su evaluación y se finaliza analizando los resultados.

Para finalizar, en el **CAPÍTULO 6** se presentan las conclusiones derivadas del trabajo realizado (incluyendo la aplicabilidad y las amenazas a la validez), así como los posibles trabajos futuros que se pueden realizar para continuar con esta línea de investigación.

# **CAPÍTULO 2**

## **Estado del arte**

En este capítulo se hace una Revisión Sistemática de la Literatura, para analizar las investigaciones existentes sobre la problemática descrita en este trabajo de investigación y así poder buscar posibles soluciones a dicha problemática. Se describen las etapas seguidas durante la SLR, para finalmente exponer el resultado de la revisión y la publicación de los resultados.



## 2.1. Presentación del Tema

En este capítulo se resume la parte de la tesis en la que se expone la motivación que ha llevado a emprender este trabajo de investigación, así como los conceptos básicos que se han utilizado, para modelar y evaluar el trabajo desde una perspectiva educativa.

Tal y como se indica en el capítulo introductorio, el trabajo descrito en esta tesis se refiere, principalmente, a la utilización de los juegos serios como experiencias virtuales educativas dentro de la ingeniería. Con el fin de alcanzar los objetivos del trabajo, es necesario comenzar examinando lo que ya está investigado sobre la virtualización universitaria en general, para posteriormente centrar la investigación en los estudios de ingeniería.

Para ello, se comienza analizando el estudio de Silvio [5]. Afirma que la virtualización sólo tendría sentido si ayuda a mejorar la calidad de la docencia potenciando la mejora de la calidad de vida en general. Además, continúa afirmando que las universidades nuevas y las organizaciones no universitarias de educación superior, al carecer de tradición y de rutinas tendrían más facilidad a la hora de adaptarse a la virtualización teniendo como inconveniente la falta de la excelencia acumulada. Han pasado casi dos décadas y, aunque las universidades tradicionales están “virtualizadas” (tienen su página web, sus campus virtuales, etc.), la enseñanza sigue siendo principalmente presencial. Explica que no tiene sentido virtualizar la enseñanza si no va a contribuir a mejorarla y, además, afirma que a las universidades tradicionales les iba a costar más trabajo cambiar de rutina. Hay que tener en cuenta que, en estos últimos

años, la tecnología ha evolucionado a un ritmo tan rápido que son los profesores son los que deben cambiar sus hábitos, ya que los alumnos universitarios han nacido en la era digital [6-7].

Por su parte, Cabero [8] afirma que los alumnos se sienten satisfechos en el uso del *b-Learning* (también conocido como *Blended Learning* o aprendizaje mixto), el cual consiste en combinar enseñanza virtual con presencial, sacando como conclusión principal la necesidad de mejorar la formación del profesorado en las nuevas tecnologías. La aplicación del *b-Learning*, según López-Pérez [9], tiene un efecto positivo en la reducción de las tasas de abandono y en el aumento de los índices de aprobados. Además, afirma que el efecto conjunto de las actividades de aprendizaje *b-Learning* influye positivamente en las calificaciones finales de los alumnos, concluyendo que las actividades de *e-Learning* se complementan, en lugar de reemplazar, con las formas tradicionales de aprendizaje. Por su parte, Adam [10] hace un análisis acerca de las últimas aportaciones sobre modelos de aplicación de *e-Learning* (sus elementos y características, y la forma de medir su impacto). También describió las ventajas y desventajas de la clase tradicional respecto al *e-Learning*, el cual puede utilizarse tanto para la enseñanza totalmente virtual, como para la enseñanza mixta, haciendo que se puedan obtener más ventajas combinando las que tiene cada una de las modalidades.

Para la enseñanza *e-Learning* se utilizan los Entornos Virtuales Educativos (VLE: *Virtual Learning Environments*), donde el profesor asume el rol de orientador y diseñador de medios, mientras que el alumno pasa a ser el protagonista del proceso de formación. Mikropoulos [11] hace una revisión de los VLE, desde el 1999 al 2009, concluyendo que existe la necesidad investigar más sobre las capacidades de los VLEs, debido a que hay poca información sobre resultados en las actitudes de los usuarios y los resultados del aprendizaje. Rennie [12] realiza un estudio detallado de cada una de las herramientas de *e-Learning*, para que el lector pudiera seleccionar la que más se adecúe a sus necesidades. Entre las diferentes herramientas de aprendizaje analiza los juegos y las simulaciones. Al hablar de estas herramientas, afirma que un buen juego de simulación puede ser muy buen ejemplo para el aprendizaje, permitiendo a los alumnos manipular y evaluar, en lugar de reproducir conceptos. Además, el juego debe ser más que un ejercicio para los alumnos; debe permitirles compartir una experiencia común y utilizar eso como una base para discutir sobre lo aprendido.

Para analizar lo escrito sobre los juegos de ordenador y juegos serios (especialmente con respecto a: el aprendizaje, la mejora de la capacitación y el compromiso), Connolly [13] revisa 129 artículos, concluyendo que “para fomentar el uso de juegos en el aprendizaje, más allá de las simulaciones y los rompecabezas, es esencial des-



arrollar una mejor comprensión de las tareas, actividades, habilidades y operaciones que los diferentes tipos de juego pueden ofrecer y examinar cómo esto coincide con los resultados de aprendizaje deseados”.

Concretando sobre el alcance de esta investigación, se puede ver cómo recientemente, Kamp [14] en un estudio que hace sobre la enseñanza en la ingeniería, concluye que en las últimas dos décadas, mientras el mundo que nos rodea ha cambiado a un ritmo vertiginoso, el mundo de la educación en la ingeniería ha sido extremadamente conservador. Afirma que un graduado de ingeniería debe tener una actitud positiva hacia el aprendizaje permanente. Según Kamp, hemos entrado en una era en la que la educación en la ingeniería tendrá que hacer cambios fundamentales, para tomar los beneficios de la formación pedagógica y las innovaciones tecnológicas, y preparar mejor a los graduados para las crecientes y diferentes exigencias del nuevo mundo del trabajo. Es mejor prever estos cambios y tomar decisiones sobre la forma de adaptar la educación que esperar a que el tiempo pase y luego tratar de responder.

En el Departamento de Educación del Centro Nacional de Estadísticas de Educación (NCES: *National Center for Education Statistics*) de los Estados Unidos, interesados en incrementar el número de graduados que se preparan en los temas relacionados con la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) realizan un estudio [15], en el que analizan las tasas de abandono. Identificaron las características de los alumnos que abandonan los campos STEM y los compararon con los que no abandonan. En este informe, demostraron que la tasa de abandono en los alumnos de los campos STEM era superior a la de los no STEM. Más tarde, Freeman [1], preocupado por esta elevada tasa de abandono y/o fracaso de los estudiantes de STEM, hizo un estudio en el que comparó el rendimiento de los alumnos de estas materias utilizando metodologías tradicionales y metodologías activas, concluyendo que las metodologías activas no sólo mejoraban el rendimiento de los alumnos, sino que además disminuían la tasa de abandono.

Por otra parte, Godfrey [16] realiza un análisis sobre los alumnos que terminaban los estudios de ingeniería, en el que mostraba que el porcentaje de alumnos que consiguen graduarse es, aproximadamente, un 54% del total de alumnos que comenzaban estos estudios. Mientras tanto, Rajalingam [17] propone unos patrones en el aprendizaje basado en problemas (PBL: *Problem Based Learning*) para mejorar el rendimiento de los estudiantes de ingeniería, afirmando que uno de los motivos del fracaso de estos alumnos es el concepto erróneo que tienen de la ingeniería y termina proponiendo que se utilicen otros medios en las enseñanzas de ingeniería.

Para finalizar, se debe tener en cuenta la experiencia realizada por Toto [4] sobre el impacto que ha tenido la práctica educativa y el concepto de "aprendizaje activo" en la enseñanza de la ingeniería. Tras afirmar que los estilos de enseñanza de los profesores de ingeniería están en conflicto con los estilos de aprendizaje de la mayoría de sus estudiantes, decide aplicar un enfoque de tipo aula invertida, para mejorar la enseñanza en las prácticas de ingeniería y aprovechar mejor el tiempo de clase. En general, la aplicación de esta metodología fue bien recibida por los alumnos, aunque comprueba que prefieren escuchar al docente "cara a cara" antes que ver vídeos fuera del aula.

*Over all, students indicated that they preferred attending 'lecture' face to face juxtaposed to watching or listening to a virtual lecture. However, they also prefer using class time for problem solving and hands-on activities rather than coming to class and attending a lecture. [4]*

Si, además, se tiene en cuenta a Felder [2] cuando afirma que los aprendices activos no aprenden mucho en situaciones que les obligan a ser pasivos, a la experiencia de Toto podría hacerse una variante, utilizando una herramienta, en el aula invertida, que les haga sentirse activos, como pueden ser los videojuegos.

*Active learners do not learn much in situations that require them to be passive, and reflective learners do not learn much in situations that provide no opportunity to think about the information being presented. [2]*

Por todo lo expuesto anteriormente, la hipótesis principal es que puede ser una buena elección utilizar los juegos serios como herramienta para el aula invertida, combinando el *b-Learning* y el Aprendizaje Basado en Problemas.

## **2.2. Revisión de la literatura**

Para hacer la revisión de la literatura en esta tesis, se ha empleado la propuesta de Kitchenham denominada Revisión sistemática de la literatura (SLR: *Systematic Literature Review*)[18], que consiste en identificar, evaluar, interpretar y sintetizar aquella información relevante sobre una temática de interés. Esto se hace para resumir la evidencia investigadora que se realiza sobre un tema y así poder identificar si es necesario investigar más sobre algún área concreta, de ese marco de trabajo, y sugerir posibles áreas para desarrollar futuras investigaciones.

La estructura propuesta por Kitchenham está desglosada en tres etapas, estando cada una de ellas diferenciada en otras subetapas:

- Planificación de la revisión
  - Identificación de la necesidad de la revisión
  - Definición del protocolo de búsqueda
  - Definición del protocolo de revisión
  - Evaluación de la planificación
- Desarrollo de la revisión
  - Búsqueda de los resultados primarios
  - Selección de los estudios primarios
  - Extracción y gestión de datos
  - Síntesis de datos
- Publicación de resultados

### **2.3. Descripción de las etapas del SLR**

A continuación se va a hacer una pequeña descripción de los rasgos fundamentales de cada una de las etapas de la metodología propuesta por Kitchenham, con vistas a una mejor comprensión de las decisiones adoptadas en esta investigación.

#### **2.3.1. Etapa de la planificación de la revisión**

Para llevar a cabo con orden la etapa de la Planificación de la Revisión se deben indicar los pasos que se van a seguir, por lo cual esta etapa se divide en las siguientes subetapas

##### **2.3.1.1. *Identificación de la necesidad de la revisión***

El primer paso que se debe dar es detectar y señalar cuál es el objetivo que se persigue, antes incluso de comenzar la revisión sistemática de la literatura, detallando los interrogantes asociados a la investigación, así como los recursos que te tienen para poder realizarla: tipos de fuentes empleadas, revistas, bibliotecas, etc.

##### **2.3.1.2. *Definición del protocolo de búsqueda***

Esta subetapa, consiste en establecer las normas que se van a seguir en la investigación en relación al proceso de búsqueda de las fuentes de información establecidas, enumerando los términos (o combinaciones de ellos) que se van a utilizar en las búsquedas. Además se describe la estrategia de exploración que se va a emplear y se establece el mecanismo por el cual

quedarán registrados los resultados y el origen de los mismos. Lo establecido en este protocolo puede verse modificado, a medida que avanza la revisión.

#### 2.3.1.3. *Definición del protocolo de revisión*

A continuación se elabora una guía que servirá para asegurar la imparcialidad y la rigurosidad de la tarea de selección de los trabajos más relevantes. Esta guía consiste en establecer las normas de la revisión, los criterios de exclusión, la estrategia de extracción de datos y, para finalizar, la estrategia de síntesis de datos.

#### 2.3.1.4. *Evaluación de la planificación*

Para finalizar la etapa de la planificación de la revisión, se evalúa la propuesta, modificando los aspectos que sean necesarios. En caso de hacerse modificaciones suele ser en elementos más dinámicos, como las palabras clave, las cadenas de búsqueda o incluso los criterios de inclusión/exclusión. El encargado de esta fase de evaluación suele ser el director de la tesis doctoral, o el director del proyecto de investigación. De esta manera se verifica la corrección de la fase de planificación.

### 2.3.2. Etapa del desarrollo de la revisión

Esta etapa consiste en implementar los protocolos establecidos en la etapa de la planificación de la revisión. Se ha dividido en las siguientes subetapas:

#### 2.3.2.1. *Búsqueda de los resultados primarios*

En esta fase se debe implementar el protocolo de búsqueda sobre las fuentes de información previamente establecidas. Algunos ejemplos de estas fuentes son: Google Scholar, IEEE Xplore, Scopus, ScienceDirect, etc.

#### 2.3.2.2. *Selección de los estudios primarios*

Tras esta búsqueda, se deben supervisar los trabajos encontrados y, en base al protocolo de revisión y teniendo en cuenta los criterios establecidos para la inclusión/exclusión, serán los que construyan la selección de fuentes. Durante esta fase es conveniente registrar toda la información acerca del proceso de búsqueda (claves de búsqueda, número de resultados obtenidos, etc.), ya que será útil más adelante.

#### 2.3.2.3. *Extracción y gestión de datos*

A continuación se realiza la extracción de la información de interés en los estudios, rellenando un formulario preestablecido donde se cumplimentan los datos necesarios para poder gestionarlos posteriormente. Esta información es tanto la relativa a la bibliografía (título del estudio, autor/es, nombre de

la revista, año de publicación, etc.), como aquellos aspectos relacionados con el aporte al tema central del estudio (teorías explícitas citadas, modo del estudio, temas clave, metodología utilizada, etc.).

#### 2.3.2.4. *Síntesis de datos*

Para finalizar esta etapa, se aplica la estrategia de síntesis definida en el protocolo de revisión.

#### 2.3.3. Etapa de la publicación de resultados

La Revisión Sistemática de la Literatura finaliza en la publicación de los resultados obtenidos, apareciendo bien a modo de introducción o como “estado del arte” en un artículo de investigación.

Por todo lo visto en las diferentes etapas, una revisión sistemática de la literatura requiere un esfuerzo considerable, pero esta formalidad redundará en la calidad de los resultados obtenidos, que pueden ser avalados por un alto grado de rigurosidad e imparcialidad.

### 2.4. Resultado de la Revisión Sistemática de la Literatura (SLR)

A continuación se va a describir cómo se ha realizado la Revisión Sistemática de la Literatura, para el presente trabajo, siguiendo los pasos descritos en el apartado 2.3.

#### 2.4.1. Planificación de la revisión

En primer lugar, se debe identificar qué información es la que se está buscando y, para poder definir un buen protocolo tanto de búsqueda como de revisión, terminar evaluando todo lo planificado.

##### 2.4.1.1. *Identificación de la necesidad de la revisión*

Antes de comenzar, se tiene que señalar el objetivo que se persigue. Para ello, se tienen que detallar cuestiones asociadas a la investigación, todas ellas con el propósito de investigar sobre las experiencias virtuales educativas dentro de la ingeniería. En este caso, las preguntas que se pretenden resolver son:

*RQ1. ¿Cuál es la intensidad de la actividad investigadora entorno a las experiencias virtuales educativas en la ingeniería?*

*RQ2. ¿Cuáles son los temas relacionados con experiencias virtuales educativas en la ingeniería, que aborda la investigación actual?*

*RQ3. ¿Qué tipos de enfoque y qué métodos de investigación son utilizados por la comunidad educativa acerca de las experiencias virtuales educativas en la ingeniería?*

*RQ4. ¿Qué herramienta se utiliza para la realización de las experiencias virtuales educativas en la ingeniería?*

Al responder a la cuestión *RQ1*, se medirá la necesidad de implementar experiencias virtuales educativas en la ingeniería. Con la cuestión *RQ2*, se conseguirá concretar los temas sobre los que se está investigando actualmente en los estudios de ingeniería. En la cuestión *RQ3*, se analizarán los diferentes enfoques y métodos que se están empleando actualmente, para identificar los que sean más eficaces para los estudios de ingeniería. Finalmente, en la cuestión *RQ4*, se pretende analizar las herramientas que se utilizan para la realización de las experiencias virtuales educativas en la ingeniería, y así poder ver la necesidad de las mismas.

#### *2.4.1.2. Definición del protocolo de búsqueda*

Esta etapa consiste en enumerar los términos (o combinaciones de términos) que se van a utilizar para la búsqueda, describiendo la estrategia de exploración empleada.

En este caso, los estudios empleados para las experiencias virtuales educativas en la ingeniería, se publican habitualmente en revistas o congresos relacionados tanto con las nuevas tecnologías, como con la educación y la ingeniería. No abundan fuentes específicas reseñables. Para definir el protocolo de búsqueda se han seleccionado las siguientes Bibliotecas Digitales: IEEE Xplore, Elsevier, IGI Global. De estas bibliotecas se han seleccionado las fuentes (revistas o congresos) que ofrecen artículos de calidad, utilizando los siguientes criterios: la fuente debe tener una existencia mínima de 10 años (las contribuciones más antiguas no resultan significativas dado lo novedoso de la temática, como se muestra en la Figura 2.1); la fuente debe tener un sistema de revisión por pares “peer review”; la fuente debe aparecer en índices o catálogos que asignen a cada revista un índice de calidad relativo dentro del conjunto de revistas asociadas a una misma categoría.

Con objeto de poder analizar las tendencias del número de artículos escritos sobre cada palabra clave, para todos los datos que se van a mostrar en este trabajo y teniendo en cuenta que la última búsqueda ha sido el 04/08/2015, se muestran dos tipos de gráficos diferentes. El primero con el

número de artículos encontrados hasta la fecha de la última búsqueda pero, dado que el año 2015 no está completo (y por tanto el número de ese último año no es comparable con los demás), no se mostrará en este gráfico. El segundo gráfico es para observar la tendencia del año 2015, para lo cual se indica, de todos los artículos de cada año, el porcentaje de artículos para cada palabra clave.

El primer problema que surge es que se comprueba que los investigadores utilizan diferentes términos para referirse a lo mismo (pues el uso de las TIC: “Tecnologías de la Información y la Comunicación” avanza a gran velocidad), con lo que la terminología para ciertos temas aún no está bien fijada. Por este motivo, se han realizado varias iteraciones de búsqueda, y así poder concretar qué términos en inglés son los que más se utilizan en relación al tema que se pretende desarrollar en esta tesis.

En primer lugar, para buscar artículos que se refieran a las “experiencias virtuales”, se han preseleccionado las siguientes palabras clave (por orden alfabético y sin poner límite a la fecha de publicación de los artículos): *alternate reality game*, *serious game*, *virtual simulation* y *virtual world*. En la Tabla 2.1, se muestra el número total de resultados encontrados para dichas combinaciones de palabras, siempre buscando artículos escritos en inglés, dado que los artículos no escritos en este idioma tienen una visibilidad más limitada.

**Tabla 2.1** Número total de artículos publicados, para las palabras clave de “experiencias virtuales”

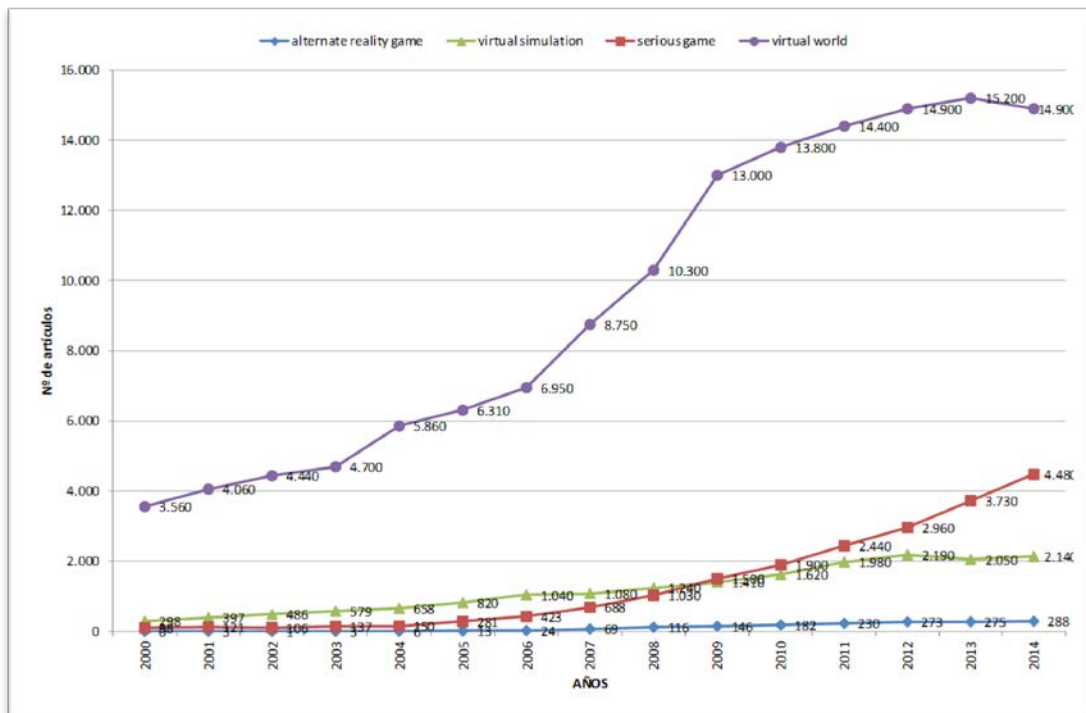
Palabra Clave	Nº resultados
<i>alternate reality game</i> (ARG)	1.770
<i>serious game</i> (SG)	23.804
<i>virtual simulation</i> (VS)	20.338
<i>virtual world</i> (VW)	160.490
<b>Total general</b>	<b>206.402</b>

Para seleccionar una de estas combinaciones como palabra clave de este estudio, se ha desglosado más detalladamente en el tiempo, tal y como se muestra en la Tabla 2.2, y así poder comprobar cómo ha ido evolucionando el uso de los diferentes términos.

Estos datos se representan en la Figura 2.1, comprobándose cómo hay muchos autores que utilizan *virtual world*, pero en los últimos años, se va empleando cada vez menos.

**Tabla 2.2** Número de artículos publicados, por año, para las palabras clave de “experiencias virtuales”

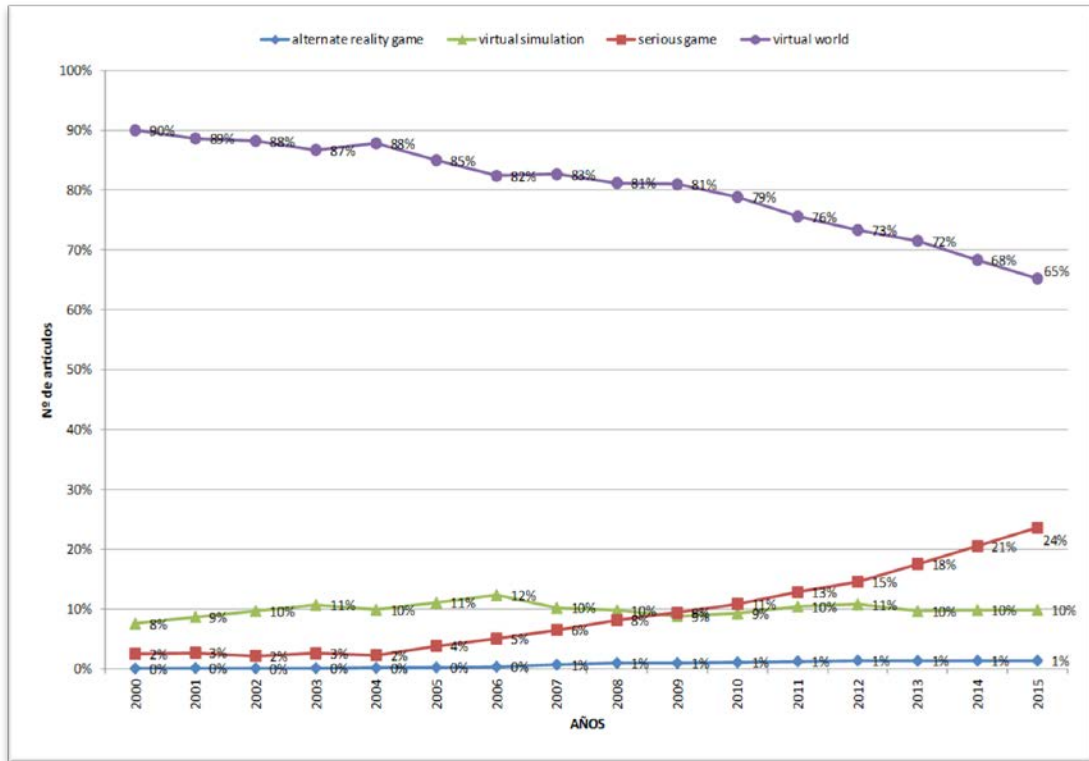
Palabra Clave ⇒ ↓ Año publicación	ARG	SG	VS	VW	Total
1900-1999	4	1.310	1.330	12.600	<b>15.244</b>
2000-2004	13	612	2.418	22.620	<b>25.663</b>
2005-2009	368	3.922	5.590	45.310	<b>55.190</b>
2010	182	1.900	1.620	13.800	<b>17.502</b>
2011	230	2.440	1.980	14.400	<b>19.050</b>
2012	273	2.960	2.190	14.900	<b>20.323</b>
2013	275	3.730	2.050	15.200	<b>21.255</b>
2014	288	4.480	2.140	14.900	<b>21.808</b>
2015 (04/08/2015)	137	2.450	1.020	6.760	<b>10.367</b>
<b>Total</b>	<b>1.770</b>	<b>23.804</b>	<b>20.338</b>	<b>160.490</b>	<b>206.402</b>



**Figura 2.1** Número total de artículos, clasificados por año, para cada palabra clave, hasta el 2014



En la Figura 2.2 se muestra la tendencia del número de artículos que se van escribiendo por año, según cada palabra clave. Se comprueba cómo el uso de *serious game* se va incrementando a lo largo de los años, *alternate reality game* va disminuyendo y tanto *virtual simulation* como *virtual world* permanecen constantes en el tiempo.



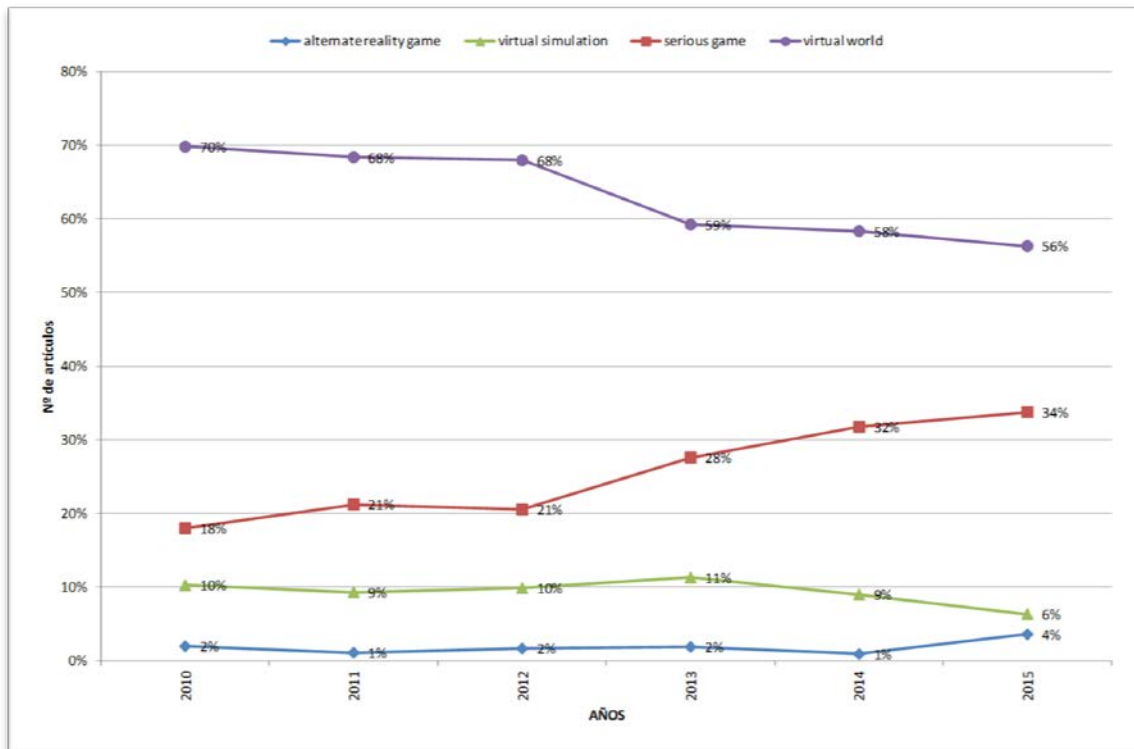
**Figura 2.2** Porcentaje de artículos, por año, para cada palabra clave

Como el contexto en el que se pretende trabajar en esta tesis es en el ámbito de las ingenierías, los resultados anteriormente obtenidos se han filtrado con *engineering education*, obteniendo los datos que se muestran en la Tabla 2.3.

En la Figura 2.3, se muestran estos datos por porcentajes y se aprecia que, en el ámbito de la educación en ingeniería, tanto para *alternate reality game*, como para *virtual simulation* y *virtual world* la tendencia es a la baja, mientras que para *serious game*, la tendencia en su uso es al alza (al igual que sucedía antes de filtrar por *engineering education*), por lo que este estudio se va a centrar en las experiencias virtuales utilizando *serious game*.

**Tabla 2.3** Número de artículos publicados, por año, de la Tabla 2.2, filtrados por *engineering education*

Palabra Clave ⇒ ↓ Año publicación	ARG	SG	VS	VW	Total
1900-1999	0	21	23	175	<b>219</b>
2000-2004	2	10	74	399	<b>485</b>
2005-2009	8	223	183	1.320	<b>1.734</b>
2010	14	130	74	504	<b>722</b>
2011	11	219	96	705	<b>1.031</b>
2012	16	202	97	668	<b>983</b>
2013	18	269	110	577	<b>974</b>
2014	9	325	92	597	<b>1.023</b>
2015 (04/08/2015)	18	171	32	285	<b>506</b>
<b>Total</b>	<b>96</b>	<b>1.570</b>	<b>781</b>	<b>5.230</b>	<b>7.677</b>



**Figura 2.3** Porcentaje de artículos publicados en los últimos años, por cada palabra clave, filtrado por *engineering education*

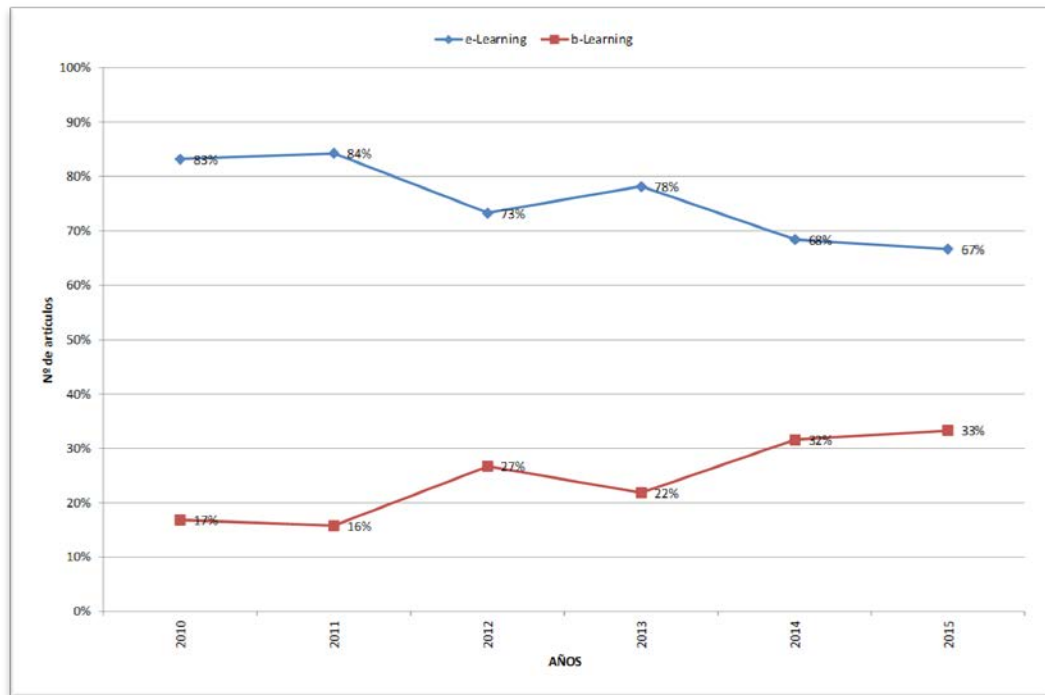
El resultado del número de artículos encontrados con las palabras clave anteriormente mencionadas sigue siendo muy alto. Se ve necesario seleccionar otro término de búsqueda que reduzca estos resultados. Teniendo esto en cuenta, y lo comentado en la presentación del tema, las experiencias virtuales utilizando juegos serios pueden ser tanto a distancia (*e-Learning*) como mixtas (*b-Learning*). Para analizar la tendencia de la actividad investigadora para cada una de estas dos modalidades de enseñanza, se ha filtrado el conjunto de palabras clave anterior (*serious game & engineering education*) con estos dos terminologías. En la Tabla 2.4 se muestra el número de artículos encontrados tanto para *e-Learning* como para *b-Learning*.

**Tabla 2.4** Número de artículos, filtrado por *e-Learning* y *b-Learning*, para las palabras clave *serious game & engineering education*

Palabra Clave ⇒ ↓ Año publicación	<i>e-Learning</i>	<i>b-Learning</i>	Total
1900-1999	4	0	4
2000-2004	6	4	10
2005-2009	124	28	152
2010	79	16	95
2011	155	29	184
2012	104	38	142
2013	150	42	192
2014	184	85	269
2015 (04/08/2015)	102	51	153
<b>Total</b>	<b>908</b>	<b>293</b>	<b>1.201</b>

Observando la Tabla 2.4, se aprecia que hay menos artículos escritos sobre el *b-Learning* en las ingenierías utilizando los juegos serios, aunque la tendencia es al alza, tal y como se muestra en la Figura 2.4. Este tipo de aprendizaje mixto se ha empezado a utilizar en la última década y está aumentando en los últimos años.

El estudio de la presente revisión bibliográfica se va a centrar en el aprendizaje mixto, teniendo en cuenta a Vignare [19] cuando afirma que “el uso de *b-Learning* en el aula puede ser tan exitoso como el *e-Learning* o la enseñanza presencial, generando más oportunidades de rentabilidad y sostenibilidad”, pero indica que “hay que realizar más estudios sobre su eficacia”.



**Figura 2.4** Porcentaje de artículos para las palabras clave *serious game & engineering education*, separado por *e-Learning* y *b-Learning*

Como conclusión, tras analizar las tendencias de los datos aportados por las búsquedas genéricas anteriores, los términos que se van a utilizar para la revisión bibliográfica de la presente tesis son: *Serious Game*, *Engineering Education*, y *b-Learning* (o *Blended Learning*).

#### 2.4.1.3. Definición del protocolo de revisión

Una vez introducidas las palabras clave en las diferentes fuentes bibliográficas definidas anteriormente, se ha hecho la revisión manual del estudio, analizando todos y cada uno de los artículos encontrados, siguiendo las siguientes fases:

- (1) En primer lugar se deben excluir aquellos trabajos que, en vistas al título, resumen o el contenido, indiquen poca relevancia con respecto a las prácticas virtuales en la ingeniería. Para ello, se han revisado los títulos, resúmenes y palabras clave de los diferentes trabajos localizados. Para descartar algunos trabajos se ha tenido que acudir a las conclusiones.
- (2) Aquellos trabajos que han pasado el filtro, se han clasificado según los criterios que se indican a continuación:
  - a. Determinar el tema principal de cada artículo, para identificar las áreas de interés más comunes. Tras una primera revisión de los artículos, se establecieron los siguientes temas principales:

01. *Serious Game*: artículos que utilizan el uso de los juegos como tema principal a la hora de enfocar el aprendizaje de los alumnos.
  02. *Virtual Laboratory*: artículos que utilizan un laboratorio virtual como tema principal a la hora de enfocar el aprendizaje de los alumnos en la realización de las prácticas.
  03. *Virtual Reality*: artículos que utilizan el uso de la realidad virtual como tema principal a la hora de enfocar el aprendizaje de los alumnos en la realización de las prácticas.
  04. *Simulation*: artículos que utilizan la simulación de laboratorio como tema principal a la hora de enfocar el aprendizaje de los alumnos en la realización de las prácticas.
- b. Puntualizar en qué enseñanza se enmarca cada artículo, para identificar en qué ramas de la ingeniería se concentra más la implementación de las prácticas virtuales dentro de la ingeniería. Según Kitchenham [18], habría que concretar, a priori, cuales son las enseñanzas en las que se enmarca cada artículo. Teniendo en cuenta la gran variedad de disciplinas que puede encontrarse en todas las ramas de la ingeniería, se proponen tres apartados, de los cuales, uno de ellos está sin definir, pues se irá definiendo en función de las diferentes especialidades que se encuentren en los artículos seleccionados. Por este motivo, en una primera clasificación, se tendrán en cuenta los siguientes apartados:
01. Ingeniería en general: en este apartado se pondrán los artículos que no especifiquen a qué temática concreta, dentro de la ingeniería, se refiere.
  02. Diferentes especialidades de la ingeniería: se establecerán varios apartados para las diferentes especialidades de la ingeniería.
  03. Varios: aquellos artículos que engloben más temáticas, además de la ingeniería, y que ha resultado interesante no descartarlos, se incluirán en este apartado.
- c. Clasificar las técnicas utilizadas para la implantación de las prácticas virtuales, y así poder identificar aquellas que estén menos desarrolladas. Almeida [20] describe algunos métodos de enseñanza innovadores. Al ser muchos, se han seleccionado a priori los que se indican a continuación, no descartando la posibilidad de que en los artículos seleccionados aparezcan otras metodologías.

01. *Game-Based Learning*: los estudiantes aprenden mediante un juego serio, en los que pueden asumir una función específica; el profesor selecciona el juego, asigna los roles y hace las preguntas.
02. *Problem-Based Learning*: los estudiantes aprenden mediante la resolución de problemas reales; el profesor selecciona los problemas, supervisa el proceso de resolución y guía la discusión.
03. *Project-Based Learning*: los estudiantes aprenden a trabajar en proyectos reales, generalmente en pequeños grupos; el profesor selecciona o aprueba los proyectos, supervisa el proceso, y guía la discusión.
04. *Collaborative Learning*: los estudiantes aprenden a trabajar juntos en grupos reducidos; el profesor guía y facilita el trabajo en grupo.
05. *b-Learning/e-Learning*: los estudiantes aprenden con el uso de internet, bien mezclado con el aprendizaje presencial, bien exclusivamente por internet.

#### 2.4.1.4. *Evaluación de la planificación*

Para finalizar la etapa de la Planificación de la Revisión, se debe evaluar la propuesta, modificando los aspectos que se consideren necesarios. Los encargados de esta fase han sido los directores de esta tesis doctoral. Tras recibir sus comentarios y sugerencias, se han implementado, teniendo como resultado los datos que se describen en los siguientes puntos del Desarrollo de la Revisión.

#### 2.4.2. Desarrollo de la revisión

##### 2.4.2.1. *Búsqueda de los resultados primarios*

Entre todas las revistas seleccionadas, las de mayor relevancia son: Computers & Education; IEEE Transactions on Learning Technologies; Journal of Science Education and Technology; Journal of Universal Computer Science.

Tras realizar una primera búsqueda rápida en las diferentes Bibliotecas Digitales anteriormente mencionadas, se comprueba que hay una gran variedad de revistas que podrían tener artículos relevantes para esta temática tan actual. Para no dejar atrás ninguna fuente primaria de información, se han hecho búsquedas en las bases de datos, aportando referencias a conferencias y publicaciones relevantes para este estudio. Algunas de estas revistas

han sido: International Journal of Engineering Education y International Journal of Game-Based Learning.

#### 2.4.2.2. Selección de los estudios primarios

En esta fase se han supervisado los trabajos encontrados y se han seleccionado utilizando los criterios de inclusión/exclusión anteriormente mencionados. Además, en esta fase también se han seleccionado artículos que han resultado relevantes para este estudio, a pesar de no estar dentro de los criterios de inclusión.

Como con el criterio de búsqueda establecido anteriormente se encontraron casi 200 artículos, se han tenido que examinar los artículos, uno por uno, descartando aquellos que no eran relevantes, bien por el título o por una lectura rápida del resumen. Además, también se han descartado aquellos artículos que no estuviera claro su contenido por el título y, no siendo de una fuente importante, no se pueda acceder al contenido del mismo. Con todo esto, al final ha quedado un total de 47 artículos, relevantes para la temática.

#### 2.4.2.3. Extracción y gestión de datos

Para poder hacer un uso ordenado de toda la información que se ha ido encontrando en este estudio, se ha utilizado el gestor de referencias bibliográficas Mendeley. Este gestor es una herramienta gratuita multiplataforma, que facilita la tarea de añadir referencias de forma manual, así como la posibilidad de importar registros en diferentes formatos. Además, permite hacer anotaciones en los artículos seleccionados, hacer marcas e incluso compartir la información encontrada con otros investigadores.

La metodología que se ha utilizado para la primera selección de artículos ha sido subir todos los artículos encontrados en las bases de datos a Mendeley, en una carpeta concreta. En Mendeley, una carpeta funciona como una etiqueta, pero con la ventaja de que tan sólo se tiene que arrastrar el artículo a la carpeta en cuestión, pudiendo cada artículo estar en varias carpetas, (similar a las etiquetas, pero de una manera más ágil). Una vez subidos los artículos, se han buscado aquellos que tuvieran las palabras clave en el cuerpo del artículo, no sólo en la bibliografía. La mayoría de los artículos subidos en la primera fase contenían las palabras clave únicamente en el nombre de la revista y/o congreso, no teniendo nada que ver la temática del artículo con las palabras clave utilizadas para la búsqueda. Tras esta primera fase, se continuó con la segunda fase que consistió en leer el título de los artículos

que quedaban, descartando aquellos que no tuvieran relación alguna con la temática del trabajo actual. En esta misma fase, para aquellos artículos que no se descartaban (porque sí se consideran relevantes para el tema de estudio en cuestión o porque el título daba indicios a que podía estar relacionado), se iban añadiendo etiquetas con palabras clave que indicaran el contenido principal del título. De esta manera se iba adelantando trabajo de la siguiente fase, separando los artículos dudosos de aquellos cuyo título determinaba que sí eran relevantes para el tema en cuestión.

Al subir los ficheros a Mendeley, automáticamente se insertan todos los datos del mismo: autores, conferencia o revista, palabras clave, año de publicación, etc. Aunque hay que revisar esos datos, pues no siempre están bien, esto ha permitido realizar con mayor agilidad la primera parte de eliminación de artículos que no tuvieran conexión alguna con lo que en esta tesis se pretende estudiar, para posteriormente hacer un estudio más exhaustivo.

#### 2.4.2.4. *Síntesis de datos*

Tal y como se ha explicado en la especificaciones establecidas en el protocolo de revisión, el conjunto de artículos finalmente seleccionados fue sometido a un análisis de su resumen y palabras clave, para poder catalogarlos en referencia a los parámetros establecidos: tema central de estudio; enseñanza en la que se enmarca; y técnicas que se utilizan para implementar las prácticas.

Se ha elaborado una tabla con todos los artículos seleccionados, en la que se muestra la información relevante para el presente estudio: Título, Revista/Congreso, Año, Tema, Enseñanza y Metodología. Esta tabla completa se encuentra en el ANEXO A.

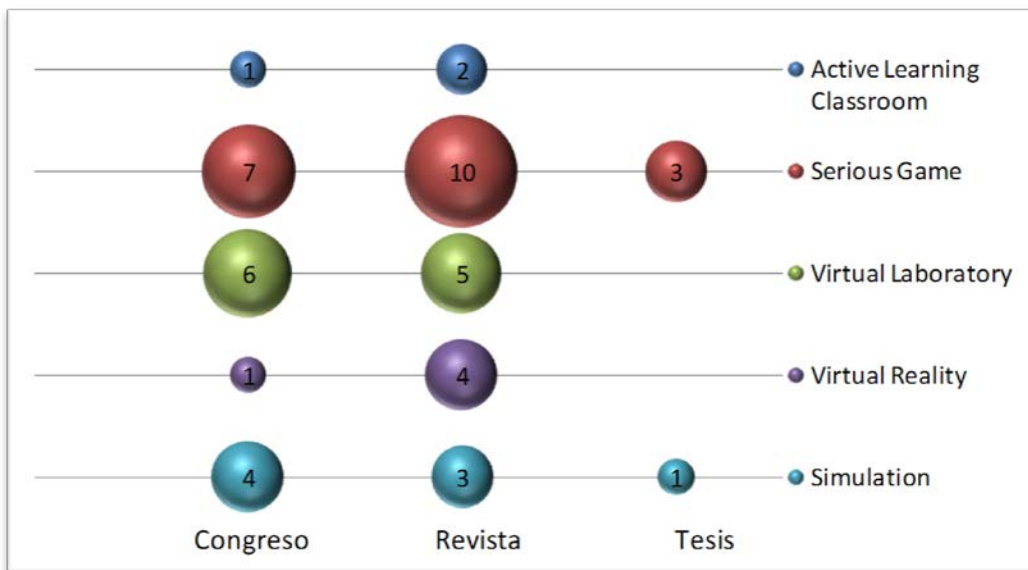
Antes de dar por definitivos los datos con los que se ha completado la tabla del ANEXO A, se han analizado por número. En la Tabla 2.5, se muestra el número de artículos clasificados por cada tipo de publicación, según los temas principales establecidos anteriormente. A la hora de seleccionar los artículos, se ha encontrado uno que no tenía que ver con ninguno de los temas principales establecidos a priori, pero no se ha descartado, pues puede ser de suma relevancia para el trabajo de investigación sobre las nuevas tecnologías y metodologías docentes que están surgiendo en los últimos años. Concretamente se ha añadido un nuevo tema principal, *Active Learning Classroom* (Aula de aprendizaje activo).



**Tabla 2.5** Número de Artículos clasificados por Tema Principal – Tipo de publicación

Tipo de publicación ⇒ ↓Tema Principal	Congreso	Revista	Tesis	Total
<i>Active Learning Classroom</i>	1	2		3
<i>Serious Game</i>	7	10	3	20
<i>Virtual Laboratory</i>	6	5		11
<i>Virtual Reality</i>	1	4		5
<i>Simulation</i>	4	3	1	8
<b>Total general</b>	<b>19</b>	<b>24</b>	<b>4</b>	<b>47</b>

En la Figura 2.5 se aprecia que, de todos los artículos seleccionados, el tema principal del que se han encontrado más artículos es de *Serious Game*, publicados principalmente en revistas.



**Figura 2.5** Artículos Distribuidos por Tema Principal – Tipo de Publicación

En la Tabla 2.6, se muestra una primera aproximación del número de artículos clasificados por cada tipo de publicación, según la especialidad a la que va referenciado cada artículo. Debido a la gran diversidad de estudios de Ingeniería, no se establecieron, a priori, las diferentes especialidades, por lo que a cada artículo se le ha hecho una asignación previa a la especialidad a la que va dirigido, habiendo incluso algunos que sólo hablan de disciplinas sin concretar la especialidad en la que se enmarca el trabajo.

**Tabla 2.6** Número Artículos por Especialidades – Tipo de publicación.  
Clasificación previa

<b>Tipo de publicación ⇒</b>	<b>Congreso</b>	<b>Revista</b>	<b>Tesis</b>	<b>Total</b>
<b>↓Especialidades</b>				
Ing. Civil		2	1	3
Ing. Construcción	1	2		3
Ing. de Control y Automatización	2			2
Ing. de Producción		1		1
Ing. del Software	2	2		4
Ing. Eléctrica	1			1
Ing. Electrónica	3	4		7
Ing. Energética	1			1
Ing. Mecánica		2		2
Ingeniería	3	5	2	10
Mecánica de Fluidos	1			1
Química		2		2
Robótica			1	1
Varios	5	4		9
<b>Total general</b>	<b>19</b>	<b>24</b>	<b>4</b>	<b>47</b>

Debido a la gran variedad de especialidades que se aprecia en la tabla, se ha optado por agrupar aquellas especialidades que tienen temática en común: Ingeniería Civil y de la Construcción, como una especialidad; Ingeniería del Software se ha quedado como estaba; todas las especialidades relacionadas con la Electricidad y la Electrónica se han agrupado en una (Ing. de Control y Automatización, Ing. Eléctrica, Ing. Electrónica, Ing. Energética y Robótica); Ingeniería de la Producción se ha agrupado con Ingeniería Mecánica; la Ingeniería en general se ha quedado como estaba; y, por último, las disciplinas sueltas, como Mecánica de Fluidos y Química, se han agrupado con Varios, ya que en el artículo no concreta a qué titulación se refieren dichas disciplinas, por lo que no se puede agrupar con ninguna en concreto. Con este reagrupamiento, los datos quedarían como se indica en la Tabla 2.7.

**Tabla 2.7** Número Artículos por Especialidades – Tipo de publicación.  
Clasificación definitiva

Tipo de publicación ⇒ ↓ Especialidades	Congreso	Revista	Tesis	Total
Ing. Civil y Construcción	1	4	1	6
Ing. del Software	2	2		4
Ing. Eléctrica y Electrónica	7	4	1	12
Ing. Mecánica		3		3
Ing. en general	3	5	2	10
Varios	6	6		12
<b>Total general</b>	<b>19</b>	<b>24</b>	<b>4</b>	<b>47</b>

Por último, se han clasificado los artículos según la metodología que usa, con relación a la impartición de la docencia. Durante la revisión de los artículos, se han detectado metodologías que no se habían tenido en cuenta, alguna porque se desconocía, y se han usado para hacer una clasificación previa de los artículos según la metodología. Las nuevas metodologías tenidas en cuenta son: *Design-Based Learning* y *Flipped Classroom*. La primera aproximación de este desglose quedó como se indica en la Tabla 2.8.

**Tabla 2.8** Número Artículos por Metodología – Tipo de publicación.  
Clasificación previa

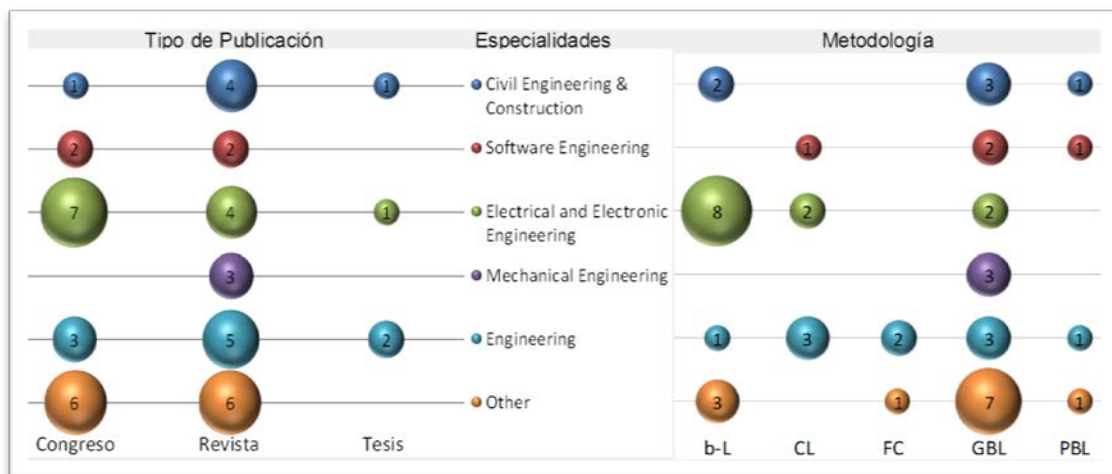
Tipo de publicación ⇒ ↓ Metodología	Congreso	Revista	Tesis	Total
<i>b-Learning / e-Learning</i>	8	6		14
<i>Collaborative Learning</i>		3		3
<i>Design-Based Learning</i>	1			1
<i>Flipped Classroom</i>	1	2		3
<i>Game-Based Learning</i>	8	10	2	20
<i>Problem-Based Learning</i>	1	2	1	4
<i>Project-Based Learning</i>		1	1	2
<b>Total general</b>	<b>19</b>	<b>24</b>	<b>4</b>	<b>47</b>

Las metodologías *Design-Based Learning* y *Project-Based Learning*, tienen mucho en común. La principal diferencia entre ellas es el fin al que se dirigen, pero la forma de implementarlas es muy similar. Además, todas ellas tienen implícito el Aprendizaje Colaborativo, por lo que se han agrupado en una metodología para así reducir la dispersión de la Tabla 2.8, quedando la clasificación de los artículos, según la Metodología, como se indica en la Tabla 2.9.

**Tabla 2.9** Número Artículos por Metodología – Tipo de publicación.  
Clasificación definitiva

Tipo de publicación ⇒ ↓ Metodología	Congreso	Revista	Tesis	Total
<i>b-Learning / e-Learning</i>	8	6		14
<i>Collaborative Learning</i>	1	4	1	6
<i>Flipped Classroom</i>	1	2		3
<i>Game-Based Learning</i>	8	10	2	20
<i>Problem-Based Learning</i>	1	2	1	4
<b>Total general</b>	<b>19</b>	<b>24</b>	<b>4</b>	<b>47</b>

En la Figura 2.6, se muestra la distribución de los artículos según el tema principal, distribuidos por tipo de publicación y por metodología. Se comprueba que sólo se han encontrado 3 artículos sobre FC, de los cuales 2 son de ingeniería en general y el otro es un tema genérico, relacionado con la ingeniería.



**Figura 2.6** Especialidades distribuidas por Tipo de Publicación – Metodología

*Flipped Classroom*, es una metodología que consiste en hacer que los alumnos comiencen el trabajo de aprendizaje fuera del aula, de manera que el tiempo de clase se utilice para facilitar y potenciar otros procesos de adquisición y práctica de conocimientos dentro del aula. Esta metodología comienza a tomar cierta relevancia cuando Sams [21] reflexiona sobre cuál es el momento en que los alumnos necesitan que el profesor esté físicamente presente en el aula. Concluye que los alumnos necesitan la presencia del profesor cuando no entienden el temario, mientras que la explicación pueden recibirla en su casa, en el horario y al ritmo que cada uno necesite, con el uso de las nuevas tecnologías. En el curso 2007/2008 Bergmann y Sams comenzaron a usar esta experiencia docente, con resultados bastante satisfactorios.

Esta metodología (FC) está basada en el *b-Learning*, que es una de las palabras clave usadas para esta Revisión Sistemática de la Literatura. Como se comprueba que en la Tabla 2.9, de los artículos seleccionados en esta revisión sistemática de la literatura, hay 3 artículos en los que se menciona dicha metodología. Tras analizar dichos artículos, se comprueba que el uso del aula invertida puede resultar relevante para el presente trabajo, por lo que se ve necesario analizar qué hay escrito sobre dicha metodología. Dado que unas de las palabras clave usadas era *b-Learning*, se ha vuelto a hacer una búsqueda de artículos, utilizando *Flipped Classroom*, en lugar de *b-Learning*, y así averiguar lo que hay sobre esta metodología en Ingeniería.

Para ello, se han realizado nuevas búsquedas. Una primera búsqueda con los términos *Flipped Classroom & Engineering*, de la que se ha obtenido cientos de resultados. Para reducir el número de artículos de forma que se centre el filtro en aquellos artículos que realmente puedan ser significativos para el objetivo de este trabajo, se ha realizado la misma búsqueda, pero con las palabras clave sólo en el título del artículo. Por último, se ha realizado una búsqueda con los términos *Flipped Classroom & Serious Game*, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 2.10. En ella se puede ver cómo el uso de FC en la Ingeniería está teniendo un gran auge (desde el 2012). Sin embargo, tras analizar algunos de los artículos, no siempre es efectiva esta nueva metodología, pues muchas veces no es fácil conseguir que los alumnos asistan a la clase habiendo visto el vídeo o leyendo la lectura que el profesor propuso, y el resultado del aprendizaje de los alumnos no es del todo efectivo. Como posible solución a esta problemática, algunos autores buscan una “tarea de casa atractiva” para los alumnos [22].

**Tabla 2.10** Número Artículos por año – Filtrados con *Flipped Classroom*

Año publicación ⇒	1900 - 2011	2012	2013	2014	2015	Total
↓ Palabra Clave						
<i>Flipped Classroom &amp; Engineering Education</i>	0	34	154	299	249	736
<i>Flipped Classroom &amp; Engineering</i> (en el título del artículo)	0	0	4	3	6	13
<i>Flipped Classroom &amp; Serious game</i>	0	1	3	4	3	11

Los artículos relacionados en la última fila de la Tabla 2.10, *Flipped Classroom* y *Serious Game* [22–30], no se van a incluir en la revisión sistemática de la literatura, pues no están relacionados con las experiencias virtuales educativas en la ingeniería, pero se van a tener en cuenta, como referencia a la hora de implementar dicha metodología en otras disciplinas.

En el CAPÍTULO 3, se comentan dichos artículos, en los que se verá cómo en algunos utilizan los juegos serios y el aula invertida, por separado; otros proponen como trabajo futuro utilizar los juegos serios para el aula invertida y otros están comenzando a utilizar los juegos serios, como herramienta de aprendizaje antes de asistir a clase.

A medida que se va actualizando la búsqueda de artículos relacionados con esta tesis, están encontrándose nuevos trabajos en los que están empezando a utilizar los juegos serios con el aula invertida. Algunos de estos trabajos afirman que “en un esfuerzo por motivar e involucrar a los alumnos en estos nuevos entornos ‘híbridos’, los profesores han comenzado recientemente la introducción de experiencias de aprendizaje basadas en el juego como parte del proceso de aprendizaje en el aula, así como parte de los materiales educativos en línea” [31, 32].

Por todo lo descrito anteriormente, se propone desarrollar una nueva metodología docente centrada en las prácticas de los estudios de ingeniería, en la que se propone hacer una variación a la metodología aula invertida, de manera que el alumno haga uso de los juegos serios para su aprendizaje en casa, antes de asistir al aula, en lugar de la visualización de vídeos o documentos de texto.

#### 2.4.3. Publicación de resultados

Todos los artículos con los que se ha trabajado en este capítulo, se encuentran relacionados en Mendeley, en el grupo creado de acceso libre cuyo título es: “SLR: Analysis of Game-Based Learning in Engineering Studies”. Tanto la relación de dichos artículos, como las tablas generadas tras su clasificación, se encuentran publicadas en el Repositorio de Docencia e Investigación de la Universidad de Cádiz (RODIN), de dominio público: <http://hdl.handle.net/10498/17648>





## **CAPÍTULO 3**

### **Serious Game y *Flipped Classroom* en los procesos de enseñanza-aprendizaje**

En este capítulo, se analizan los trabajos de investigación encontrados sobre algunas metodologías que están apareciendo en el proceso de enseñanza-aprendizaje para los estudios de ingeniería: *Serious Game* con *Flipped Classroom*. Primero por separado, para terminar analizando lo que hay sobre la combinación de ambas metodologías. El capítulo termina desarrollando los objetivos e hipótesis de esta tesis doctoral.



### 3.1. Introducción

Los procesos de enseñanza-aprendizaje están cambiando de manera significativa debido a la aparición de las nuevas tecnologías [33]. Además, uniendo la satisfacción de los estudiantes con el uso de internet para la formación semipresencial [8, 9, 34], y la mejora en los resultados cuando se aplica el *b-learning* en la docencia [35], se puede pensar que en estos tiempos tan cambiantes hay que estar continuamente en busca de nuevas técnicas que mejoren los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Este pensamiento se ve reforzado por el informe realizado por el Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF) [36]. Se trata del primer estudio de dimensión europea acerca de las TIC en los centros escolares desde que se realizaran los informes “eEurope 2002” y “eEurope 2005”. Este informe es relevante para este trabajo de investigación, pues está realizado sobre el uso de las nuevas tecnologías de los “futuros universitarios”, siendo las conclusiones más relevantes a nivel europeo: hay un elevado, pero no general, uso de las TIC en el hogar; los Entornos Virtuales de Aprendizaje (VLE) están generalizándose cada vez más en los centros educativos, concibiéndose como una tecnología transformadora y capaz de estimular nuevos métodos de trabajo. Respecto a la situación de España, las conclusiones a destacar para este trabajo de investigación son: la frecuencia de uso de las TIC en el aula es ligeramente inferior a la media europea y, en cuanto a formación TIC, España se encuentra en la primera posición en los dos últimos años. El desarrollo profesional en TIC es generalizado en todos los niveles educativos analizados.

Además, teniendo en cuenta algunas de las afirmaciones que se pueden leer en dicho informe, se puede deducir que, para el proceso de enseñanza-aprendizaje, hay que buscar un enfoque que conecte mejor con el alumnado nacido en la era digital [37]. Ven necesario que en el currículo del estudiante se desarrollen las habilidades necesarias para el uso pedagógico de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje. También afirman que, en España, el porcentaje de alumnos que acuden a centros escolares donde están implementadas estrategias sobre el uso de las TIC es superior a la media de la Unión Europea. Para apoyar el uso de las TIC, tanto en la enseñanza y el aprendizaje como en las asignaturas, dicen que se deben adoptar nuevas formas de enseñanza, con estrategias para permitir que los docentes puedan colaborar y/o planificar tiempo para ello. También comentan que aproximadamente el 95% de los alumnos están en centros donde tanto los directores como los docentes están convencidos de que el uso de las TIC en la enseñanza y el aprendizaje es esencial para el alumnado del siglo XXI. Por último, de los datos elaborados, observan que entre el 80% y el 85% de los alumnos están en centros escolares cuyos directores -e incluso más los docentes- están de acuerdo en que se necesita un cambio radical para aprovechar todo el potencial que tienen las TIC en la enseñanza y el aprendizaje. Todo esto ayuda a pensar que hay que seguir buscando nuevas formas de utilizar las TIC.

Tal y como se puede apreciar en el estudio sistemático de la literatura, según se muestra en la Figura 2.3, el uso de los juegos serios va incrementando de manera considerable en los procesos de enseñanza relacionados con las herramientas virtuales. Además, en lo que a la metodología se refiere, se está extendiendo el uso del aula invertida, utilizando diferentes herramientas para darle la vuelta a la clase, véase la Tabla 2.10.

Teniendo en cuenta que un gran número de docentes de ciencias e ingeniería defienden las clases prácticas como parte imprescindible en el proceso enseñanza-aprendizaje para sus alumnos [38], este trabajo de investigación se centra en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las prácticas [39] en los estudios de ingeniería:

“No se puede concebir una escuela de ingeniería que no cuente con la infraestructura necesaria, adecuada y equipada para la realización de estudios prácticos, estos estudios son los que reafirman la teoría en el aula, o viceversa, con base a la práctica pueden surgir nuevos conocimientos, hallazgos o teorías que refuercen algún concepto o conceptos previos; por esta razón debe darse la debida importancia a los aspectos prácticos que es en

donde realmente se consolida el proceso de enseñanza aprendizaje.”[40]

Dentro de los diferentes tipos de prácticas que se desarrollan en estos estudios, existe un tipo de prácticas en las que los alumnos deben realizar un experimento con unos datos determinados, utilizando máquinas y/o herramientas apropiadas. Posteriormente el alumno, con los datos obtenidos en la práctica, debe realizar los cálculos necesarios, haciendo uso de las fórmulas explicadas por el profesor previamente (en las sesiones teóricas o en la misma sesión de la práctica antes de comenzar ésta). Finalmente, el alumno debe realizar un informe en el que debe analizar los resultados del experimento y compararlos con los resultados obtenidos con la teoría, sacando sus propias conclusiones [41, 42].

Este tipo de prácticas se ofertan sobre todo en los primeros cursos de ingeniería. El problema principal es que estos cursos están masificados (debido entre otras cosas a sus bajas tasas de rendimiento y, por tanto, elevado número de alumnos en segunda matrícula o más [43]) y los profesores, al encontrarse con grupos de práctica numerosos, no pueden atender a los alumnos adecuadamente. Hay más alumnos de los deseables por cada puesto de trabajo, por lo que no todos realizan la práctica y no se consigue que adquieran las habilidades que requiere cada práctica. Para realizar las prácticas de forma satisfactoria, y lo más personalizada posible, es requisito imprescindible que los grupos de prácticas sean reducidos. Hay que tener en cuenta que, en este tipo de prácticas, se trata de trabajar con máquinas o puestos de trabajo pequeños, por lo que por cada puesto de trabajo no debería haber más de dos alumnos (en algunas incluso sólo debe haber uno, pues puede resultar peligroso que haya más alumnos manejando ciertas máquinas). De otra manera sólo uno o dos alumnos realizarían la práctica y el resto se quedan observando, sin sentirse protagonistas de la práctica. Como consecuencia de esto, los demás compañeros no adquirirán las mismas habilidades que el que sí ha realizado la práctica.

Como ya se ha comentado en el apartado 2.1, Rajalingam [17] propone unos patrones en el aprendizaje basado en problemas (PBL - *Problem Based Learning*) para mejorar el rendimiento de los alumnos de ingeniería. Además, existe otra metodología, aprendizaje basado en las tutorías (TBL - *Tutorial Based Learning*) [44]. TBL es una variación de la metodología PBL, aplicada a estudiantes de ingeniería. En esa metodología, utilizan las tutorías para dividir a los alumnos en varios grupos, de manera que puedan trabajar mejor los problemas que plantea el profesor. Cada uno de esos grupos debe ser atendido por un profesor, con el sobre coste que eso tiene. La novedad que incorpora la metodología que se desarrolla en esta tesis doctoral, *Flip-Game*

*Engineering & Technology* (CAPÍTULO 4), con respecto a las metodologías anteriores, es que utiliza el aprendizaje basado en problemas individualizando la enseñanza, con tan sólo un profesor.

Por todo esto, para poder plantear las hipótesis (al finalizar este capítulo) y antes de proceder a describir la metodología anteriormente mencionada, en este capítulo se va a exponer cómo han contribuido tanto el uso de los juegos serios como el aula invertida en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Aunque se toman como referencia los logros alcanzados en trabajos realizados en diferentes disciplinas, este trabajo de investigación está centrado en las enseñanzas de la Ingeniería.

### **3.2. Contribución de *Serious Game* en los procesos de enseñanza-aprendizaje**

Para poder estudiar cómo han contribuido los juegos serios en los procesos de enseñanza-aprendizaje, se debe empezar definiendo *Serious Game*. Ulicsak [3], recopila diferentes definiciones entre 1968 y 2009 de juegos serios. Tras analizarlas, concluye que no hay acuerdo en su definición. Sin embargo, existe un consenso en torno que los juegos serios deben tener un objetivo de aprendizaje (ya sea explícito o no), por un medio interactivo “atractivo”, teniendo algún elemento de juego. A partir de este consenso, se puede hablar del aprendizaje basado en juegos (GBL: *Game-Based Learning*), que consiste en aprovechar el poder de los juegos de ordenador y así cautivar e involucrar a los usuarios finales para un fin específico (como por ejemplo, el desarrollo de nuevos conocimientos y habilidades). Además, el uso de los juegos serios permite a los estudiantes llevar a cabo tareas y situaciones de experimentación que, de otro modo, sería imposible y/o indeseables por razones de coste, tiempo, logística y seguridad [45, 46]. A todo esto hay que añadir que los juegos educativos deben estar diseñados en consonancia con la teoría: el diseño del juego debe motivar la participación y la forma de evaluar el grado de aprendizaje debe ser más formal [47]. De otra manera, no se conseguirían buenos resultados, tal y como le sucedió a Hauge [48] con alumnos de ingeniería, en la que el juego no estaba bien elaborado y no aportaba la información necesaria para el estudiante. Por esto, es muy importante tener en cuenta, a la hora de escoger/elaborar los juegos serios destinados al aprendizaje, tanto las características del alumnado al que va dirigido, como los conocimientos previos que tienen, para conseguir que los alumnos estén activos y motivados [49]. Por lo tanto, no se pueden hacer declaraciones “generales” acerca de la efectividad de los juegos educativos [50], pues los resultados dependen de diferentes factores.

Tras revisar 129 artículos en relación a los juegos de ordenador y juegos serios, Connolly [13], concluye que “para fomentar el uso de juegos en el aprendizaje, es

esencial desarrollar una mejor comprensión de las tareas, actividades, habilidades y operaciones que los diferentes tipos de juego pueden ofrecer y examinar cómo esto coincide con los resultados de aprendizaje deseados”. Al igual que con otros procesos de enseñanza-aprendizaje, también será importante tener en cuenta el detalle de cómo los juegos se integran en la experiencia de aprendizaje del estudiante.

Backlund [51] realiza un estudio para analizar si merece la pena el esfuerzo de usar los juegos serios, debido a la falta de los llamados “estudios empíricos longitudinales” del uso real de los mismo. En sus conclusiones, termina haciendo algunas preguntas, como: ¿el aprendizaje con juegos tiene efectos positivos sobre el estudiante a largo plazo?; ¿los juegos pueden ser herramientas efectivas de enseñanza durante un período largo de tiempo?, si es así, ¿cómo se debe organizar la enseñanza con los juegos?; si el juego se convierte en una forma establecida para la enseñanza en los planes de estudio, o es parte de su efecto debido a los estudiantes (y tal vez los profesores), ¿permanecerán los beneficios de aprender jugando, reaccionando al factor “novedad”? Por último, en este informe, resume el estado actual de la investigación sobre el efecto y la eficacia de los juegos serios, concluyendo que, si no siempre los juegos serios son superiores a otros tipos de materiales didácticos, la evidencia de que pueden ser materiales de aprendizaje eficaces, por derecho propio, es bastante fuerte.

Analizando los trabajos que hay sobre el aprendizaje basado en juegos, en el área de la ingeniería, Mayo [52, 53] sólo ha sido capaz de encontrar información sobre dos grupos de investigadores que crean juegos en ciencias físicas e ingeniería, en estudios realizados entre el 2007 y el 2009. Uno de los grupos, que pertenece a la Universidad Estatal de Dakota del Norte, ha creado juegos para la geología y la biología celular; el otro grupo, del Departamento de Ingeniería Mecánica, de la Universidad del Norte de Illinois, hace un estudio en el que se centra principalmente en la comparación de los resultados de aprendizaje de alumnos que realizan el curso usando juegos serios y los que lo realizan de forma tradicional (conferencias/libros de texto) [54], presentando, por primera vez, resultados de aprendizaje detallados de alumnos que aprenden métodos numéricos, utilizando la técnica del aprendizaje basado en juegos. Además, en este trabajo, tienen en cuenta la cantidad de tiempo y la importancia que los alumnos dan al curso, teniendo como resultados preliminares que aquellos que usaron los juegos serios están más comprometidos.

En contrapartida, Hauge, en el 2013 [55], dice que los juegos serios se han utilizado en la educación de los estudiantes de ingeniería y profesionales durante décadas, pero aún no han alcanzado su máxima difusión. Esto es debido a que aprender a través de los juegos es, a menudo, visto como poco relevante dentro de la educación

superior y formación. Analiza por qué los juegos serios se deben considerar como un método de aprendizaje adecuado para la adquisición de las habilidades necesarias en la educación de ingenieros, utilizando tres juegos diferentes. La evaluación de los juegos mostró, en general, que los jugadores fueron capaces de aplicar los conocimientos teóricos adquiridos y también les ayudó a fortalecer sus habilidades de colaboración. Sin embargo, el análisis también mostró que la eficacia de los juegos dependía del grupo, tanto del nivel de conocimiento previo del grupo, como si se trataba o no de un grupo homogéneo.

En la educación en ingeniería de hoy en día, preocupan fundamentalmente dos temas: las exigencias cada vez mayores para los ingenieros del siglo XXI y la falta de métodos de enseñanza eficaces necesarias para que los alumnos adquieran esas destrezas. Sin embargo, los enfoques pedagógicos en la ingeniería se han mantenido apenas sin cambios en los últimos 40 años y se ha puesto menos esfuerzo en la aplicación de métodos de enseñanza necesarios para alcanzar los resultados de aprendizaje deseados en la educación en ingeniería. Fang [56], para solventar esto, propone un método de enseñanza que combina el aprendizaje basado en proyectos con el aprendizaje basado en juegos, en primer curso de ingeniería. Concluyen que los alumnos tuvieron una experiencia positiva de aprendizaje y el método de enseñanza fue eficaz, mejorándoles el desarrollo de habilidades profesionales e incrementando su motivación para el aprendizaje.

Por su parte, Morris [57], sostiene que los juegos serios tienen un gran potencial que debe ser explotado para los estudios de científicos (STEM). Hay que tener en cuenta que estos estudios se caracterizan por la gran cantidad de clases prácticas necesarias para la buena preparación de los alumnos, por lo que los juegos serios pueden ser una buena herramienta para adquirir mayores habilidades mediante la práctica real con un entorno no-real. Además, realiza varias recomendaciones para la integración de los juegos serios en las clases de prácticas, así como sugerencias para evaluar su eficacia.

### **3.3. Contribución del *Flipped Classroom* en los procesos de enseñanza-aprendizaje**

Antes de comenzar a analizar cómo ha contribuido el aula invertida en los procesos de aprendizaje, se va describir brevemente en qué consiste. *Flipped Classroom* trata de hacer en casa lo que tradicionalmente se hacía en clase y hacer en clase lo que tradicionalmente se hacía en casa, es decir, "darle la vuelta a la clase". Por tanto, es una técnica que consiste en hacer que los alumnos comiencen el trabajo de apren-



dizaje fuera del aula, de manera que el tiempo de clase se utilice para facilitar y potenciar otros procesos de adquisición y práctica de conocimientos dentro del aula [21].

Aunque parezca que el uso de esta técnica es algo del siglo XXI, en los años 90 ya se empleaban formas primitivas de esta metodología por algunos docentes, por ejemplo la denominada *Peer Instruction* [58, 59]. Es más, muchos docentes la están empleando en la actualidad sin saberlo, pues mandan tarea a sus alumnos que antes de la siguiente clase: que lean textos, artículos o temas de interés para su asignatura, de forma que cuando estén en el aula puedan debatir o preguntar dudas sobre lo relacionado con dicho texto, con la ayuda del profesor.

En el curso 2007/2008 Bergmann y Sams comenzaron a experimentarla utilizando vídeos para explicar los contenidos de su asignatura. Concluyeron que mejoraba de manera considerable el aprendizaje, pues el alumno puede ver la explicación en el vídeo tantas veces como lo necesite. Pero también dicen que los vídeos no son siempre eficaces, e invita a que cada docente adapte esta metodología a su buena práctica docente.

*We encourage you to explore and hybridize what you have learned from us, adapting it to what you already know to be good teaching practice. [21]*

Con respecto a cómo elaborar el contenido del material que se va a entregar al alumno, Muller [60] realizó un experimento en el que quería contrastar qué era más importante: si la coherencia en el contenido, o que dicho contenido fuera interesante. Tras realizar el experimento, obtuvo como resultado que si se añade contenido interesante (aunque no sea relevante), aumenta el rendimiento de los alumnos. A pesar del buen resultado, indicó que esta afirmación no es concluyente, por lo que requiere ser estudiada con otras metodologías. Además, termina diciendo que los vídeos, por sí solos, no mejoran el aprendizaje del alumno,

Mientras que algunos autores, como Wagner [61], obtienen unos resultados bastante satisfactorios con el uso de los vídeos en el aula invertida, otros como Lacher [62], analizan los resultados obtenidos por sus alumnos usando video cuestionarios, y comprueban que las calificaciones apenas mejoran con esta metodología, pues depende de muchos factores que rodean al alumno. Esto lleva a pensar que no siempre son efectivos los vídeos, existiendo otros factores que se deben estudiar, como por ejemplo, el interés del alumno por la materia o la metodología a emplear.

Además, Heckman [63] afirma que el aprendizaje activo, utilizando prácticas experimentales durante la clase, aumenta el aprendizaje del estudiante. La experiencia consiste en utilizar vídeos con los contenidos de ese día, para que los alumnos los visualicen antes de comenzar las prácticas. En general, el uso de las prácticas en su clase fue un éxito, en lo que al mantenimiento de aprendizaje y al aumento de participación de los alumnos se refiere. Pero analizando las preguntas recibidas durante las prácticas, concluyó que la mayoría no se prepararon adecuadamente para la clase o no habían prestado suficiente interés a la visualización del vídeo.

Entonces, ¿qué se puede hacer para captar el interés del alumno? Según Mitchell [64], éste interés se puede captar (manteniéndolo durante el proceso de aprendizaje), si se incluye información poco relevante pero atractiva para el alumno consiguiendo, además, una mejora en el rendimiento. Esta afirmación la confirma Schraw [65], sugiriendo diferentes técnicas para incrementar el interés en el aula (no sólo “información poco relevante”), siendo una de ellas “animar al estudiante a ser aprendiz activo”. Por tanto, se deben preparar actividades que mantenga activo al estudiante durante el aprendizaje, de forma que sea el “protagonista”.

Con relación al aprendizaje activo, Merkt [66] hizo un estudio comparativo entre el uso de vídeos interactivos y libros de texto en el aula, llegando a la conclusión de que un vídeo interactivo puede ser tan eficaz como un libro de texto, pero la elaboración de un buen vídeo es más costosa. Además, para temas más complejos, los alumnos obtenían mejores resultados con el libro de texto, resultando interesante estudiar una metodología que pueda combinar el aprendizaje activo con el aprendizaje usando el texto tradicional.

Por último, varios autores [67–69], afirman que los laboratorios virtuales, pueden emular los procesos tradicionales de laboratorio, sirviendo como complemento al laboratorio tradicional, a bajo coste. Hay que tener en cuenta que esta simulación de los laboratorios virtuales se puede realizar mediante un juego serio. Aunque no mencionan la metodología *Flipped Classroom*, la están usando sin saber que ya otros autores le han dado este nombre.

Por tanto, y como conclusión a todo lo anteriormente dicho, esta mezcla de metodologías podría realizarse utilizando los juegos serios en el aula invertida, en los que el alumno tiene que interactuar con el entorno del videojuego, teniendo que leer textos indicados en el mismo.

### **3.4. Combinación de *Serious Game* y *Flipped Classroom* en los procesos de enseñanza-aprendizaje**

Por todo lo expuesto en los apartados anteriores, se han realizado investigaciones sobre la combinación de los juegos serios con el aula invertida. A continuación se van a describir y analizar los trabajos encontrados, relacionados con los juegos serios y el aula invertida: hay autores que hablan en sus trabajos de ambos, pero no los mezclan; también hay autores proponen como trabajos futuros, tras sus experiencias docentes, el uso de los juegos serios utilizando el aula invertida, pero aún no lo han aplicado; y por último se ha encontrado algún trabajo en el que ya han aplicado el uso de los juegos serios en el aula invertida.

Comenzando por Watson [23], el cual comenta que muchos cursos universitarios, a menudo, asignan una gran cantidad de actividades de auto-aprendizaje, pero que dichas actividades no se completan por parte de los alumnos: bien por falta de motivación o porque los alumnos no le dan la suficiente importancia. En su trabajo, propone crear un juego como actividad de auto-aprendizaje, consiguiendo mejores resultados en las calificaciones de sus alumnos. También propone utilizar el aula invertida en la docencia, pero no propone usar esas actividades de auto-aprendizaje en casa, antes de llegar al aula.

Según Beach [22], tanto el uso de herramientas digitales para el aprendizaje (entre ellas los juegos serios), como el aula invertida (pero por separado, sin mezclarlas), en una escuela secundaria, disminuyó un 33% las tasas de fracaso en noveno grado de inglés.

A su vez, Noor [25], preocupado por la enseñanza en los estudios de ingeniería, identifica diferentes herramientas (tecnologías, plataformas, espacios y entornos de aprendizaje) que pueden afectar significativamente la educación en ingeniería, entre ellos, los juegos serios y el aula invertida.

Además, Totten [24], durante el curso académico 2012/2013, propone diferentes técnicas para que los estudiantes universitarios aprendan a desarrollar juegos para móviles y juegos serios y, como trabajo futuro, propone el uso del aula invertida, entregando los contenidos en línea para que los alumnos usen el tiempo de clase en el diseño del juego, a través de la práctica. Enseña a desarrollar juegos serios y quiere implementar el aula invertida, pero no los mezcla.

Tan [26] afirma que los juegos serios funcionan bien como un catalizador para motivar a los alumnos a leer los contenidos de fondo y entender conceptos clave, facilitando el uso del aula invertida. Su estudio tiene como objetivo medir el impacto de la

intervención del juego significativo en la motivación de los alumnos, en un nivel de la educación superior. Como respuesta a la rápida velocidad de los cambios tecnológicos en la sociedad y una mayor atención a no sólo "lo que" los alumnos están aprendiendo, sino "cómo" y "cuándo" lo comprenden, su proyecto pretende ampliar la investigación que sitúa al estudiante en el centro del proceso de aprendizaje. Uno de los principales resultados esperados de su proyecto piloto (sin finalizar) es proporcionar evidencias de cómo el uso de los juegos serios son una herramienta pedagógica que aumenta la motivación de los alumnos para "visualizar" contenidos antes de asistir al aula.

Mientras los autores anteriores utilizan tanto los juegos serios como el aula invertida para el proceso de enseñanza aprendizaje, Wendorf [27] concluye que es muy probable que los juegos serios serán un gran activo en el aula invertida.

*This study successfully tested the merits of serious digital games. The results confirm that digital games do indeed have promise as pedagogical tools. In fact, since the participants played MuCo as a learning tool, and not as a review tool, outside of the classroom it is quite probable that serious digital games would be a powerful asset in flipped classrooms, allowing instructors to dedicate more class time to practicing what students have already learned at home. [27]*

Bidarra [29] propone utilizar los libros electrónicos para el aprendizaje activo, en el que se incluyen documentos de texto, vídeos, juegos serios y otras aplicaciones, para que el alumno pueda aprender fuera del aula, como complemento a las clases tradicionales.

Por su parte, Burns [28] presenta la plataforma OpenPediatrics, que es un entorno en línea donde los médicos pueden aprender a emplear cierta tecnología, de manera segura, antes de tener que utilizarla en un paciente vivo. Finaliza haciéndose la siguiente pregunta: "¿cómo vamos a incorporar estas plataformas digitales para mejorar la educación médica?".

*Another key feature of the site is our Guided Learning Pathways, designed to allow medical education leaders to "flip the classroom" or utilize a "blended learning" strategy.*

...

*These platforms and other technological innovations are being widely utilized in the worlds of general education, aviation, and military training, and yet in the field of medical education we find ourselves still bound by the walls of our individual institutions. The needs of the world increase every day. We must more effectively share and exchange knowledge in order to meet these needs. The means to teach and learn across boundaries are at our fingertips, but we need to grasp them now and start utilizing these tools.[28]*

Por último, Latulipe [30], plantea la hipótesis de que el uso de juegos serios, usando la técnica del aula invertida, hace el curso más atractivo para los estudiantes. En su experiencia, utiliza los juegos serios como medio de evaluación e incentivo para el alumno, concluyendo que su hipótesis es aceptable, pues el uso de los juegos serios ejerce influencia positiva en el alumnado. También afirma que, a la vista de los resultados, la combinación de elementos, *Serious Game & Flipped Classroom*, proporciona una estructura necesaria para la mejora del rendimiento en el alumno, conduciendo a experiencias positivas para ellos y un alto compromiso global.

*Our initial results suggest that this combination of elements provides the needed activity structure for a fully flipped classroom and leads to positive experiences for students and high overall engagement; it would be interesting, in the future, to assess the benefits of each component individually. [30]*

A medida que se va actualizando la búsqueda de trabajos que relacionan los juegos serios con el aula invertida, están encontrándose nuevos artículos en lo referente al uso de los juegos serios fuera del aula [31].

### **3.5. Conclusiones**

Dado que ninguno de los autores anteriormente mencionados se refiere a la docencia en los estudios de ingeniería, cabe concluir que una buena línea de investigación, poco explorada, sería estudiar cómo influye, en el aula invertida, una técnica más atractiva para el alumno de ingeniería de hoy día y en la que ellos sean aprendices activos, como son los juegos serios.

Hay que tener en cuenta que la mayoría de las materias de los estudios de ingeniería tienen una parte práctica y, en la mayoría de los casos y para que las prácticas sean efectivas, es aconsejable que se realicen a grupos reducidos de alumnos, algo que no siempre sucede.

Lo deseable sería que el número de alumnos que forme cada grupo vaya en función del puesto de trabajo de cada práctica, según el espacio de trabajo y la complejidad que tenga cada una de ellas, por lo que no siempre tiene porqué ser el mismo. Sin embargo, a nivel institucional, normalmente eso no se tiene en cuenta, siendo en general los grupos de igual tamaño, sin hacer distinción ni de la materia que se está impartiendo, ni de la diferencia que tiene cada práctica, dentro de una misma materia, tanto en el puesto de trabajo como en la complejidad de la misma.

Por tanto, implementar el aula invertida con los juegos serios puede ser una buena combinación para mejorar la eficacia de las prácticas. El alumno aprende, mediante un juego serio, a realizar la práctica antes de asistir al aula para, a posteriori, realizarla presencialmente.

### 3.6. Objetivos e Hipótesis planteadas

Por todo lo expuesto en este capítulo, se han propuesto una serie de hipótesis, para alcanzar los objetivos escogidos para este estudio (véase Tabla 3.1), utilizando la metodología desarrollada denominada *Flip-Game Engineering & Technology*.

**Tabla 3.1** Objetivos e Hipótesis de la Tesis Doctoral

Objetivos	Hipótesis
O1. Analizar la sostenibilidad y eficacia de las prácticas que actualmente se están impartiendo en los estudios de ingeniería seleccionados.	H1. ¿Las prácticas son sostenibles para el profesorado que las imparte?
	H2. ¿Las prácticas son eficaces para el alumnado?
O2. Desarrollar una metodología para mejorar la eficacia de las prácticas presenciales.	H3. ¿La implementación de la metodología <i>Flip-GET</i> mejora la eficacia?
O3. Evaluar si la implementación de la metodología desarrollada ayuda a los alumnos y/o profesores a mejorar la realización de las prácticas presenciales.	H4. ¿La implementación de la metodología <i>Flip-GET</i> mejora la motivación para la realización de las prácticas?
	H5. ¿La implementación de la metodología <i>Flip-GET</i> ayuda al desarrollo de las competencias de la materia?

# CAPÍTULO 4

## Descripción de la metodología *Flip-Game Engineering & Technology*

En este capítulo se hace una descripción de la metodología desarrollada en este trabajo de investigación, denominada *Flip-Game Engineering & Technology*. Para ello, se hace una descripción de los componentes de la metodología, se establecen los objetivos de aprendizaje y requisitos previos para poder implementarla y se finaliza describiendo los pasos a seguir para implementarla. Todo ello poniendo como ejemplo una práctica sencilla de Física elemental. Además, se elaboran diferentes diagramas de flujo para una visión rápida de cada etapa de la metodología.





#### 4.1. Introducción

En este capítulo, se describe el proceso que se ha seguido para la creación de la metodología *Flip-Game Engineering & Technology (Flip-GET)*, la cual pretende dar solución al problema descrito en el apartado 3.1. Aunque está diseñada pensando en las prácticas de los estudios de ingeniería (por lo menos en aquellas prácticas que se realicen tal y como se ha descrito en este trabajo), se puede aplicar en otras disciplinas que tengan similares características.

Para ello se ha utilizado el Diseño Instruccional, que permite definir una experiencia de aprendizaje de forma deliberada. A su vez, una experiencia de aprendizaje es la integración de un sistema de instrucción dirigido a alcanzar objetivos de aprendizaje (conocimientos, habilidades, competencias, etc.). Con el Diseño Instruccional se expresa cómo alcanzar los objetivos de aprendizaje [70].

Para desarrollar esta metodología, se han seguido las guías y especificaciones del IMS Global Learning Consortium. La tarea clave del grupo de trabajo que elabora esta especificación es “desarrollar un marco de trabajo que apoye la diversidad pedagógica y la innovación, así como fomentar el intercambio y la interoperabilidad de los materiales e-learning/b-learning” [71].

De los distintos modelos de la especificación, se ha seguido el modelo conceptual. Dentro de este modelo, existen diferentes niveles de agregación, siendo el nivel principal el diseño de aprendizaje, el cual se divide en tres subniveles: componentes; objetivos de aprendizaje y requisitos previos; y método. Los recursos, que son la suma

de los componentes y de los objetivos de aprendizaje y requisitos, se van a describir como un componente más.

A modo de ejemplo, con el único objetivo de describir mejor algunos de los componentes de este diseño instruccional, se va a utilizar una práctica básica mostrada en Recuadros. El enunciado de esta práctica se muestre en el Recuadro 4.1

**Se desea conocer la constante elástica (rigidez) “k” de un resorte (muelle)**

La teoría nos dice que, en función de la fuerza “F” a la que se somete a un resorte y de las propiedades del mismo, éste tendrá una elongación (alargamiento/acortamiento) “ $\delta$ ”. La constante elástica experimental se calcula utilizando la Ley de Hooke para resortes  $F = -k \cdot \delta$ .

El alumno deberá compararla posteriormente con la constante elástica teórica, pues dicha constante va en función de las propiedades del resorte  $k = A \cdot E / L$  (siendo A la sección del cilindro imaginario que envuelve al resorte; E el módulo de elasticidad del resorte; y L la longitud del resorte).

**Recuadro 4.1** Enunciado de la Práctica Básica “Resorte”

En los siguientes apartados se detallan cada uno de los componentes que tiene el Diseño Instruccional para el *Flip-GET*, se continúa estableciendo los objetivos de aprendizaje y requisitos previos, para finalizar describiendo el método didáctico empleado.

## **4.2. Componentes del *Flip-GET***

Los principales componentes que tiene este diseño de aprendizaje son: las actividades, en las que se indican las tareas que los alumnos y/o profesores deben realizar; actividades de evaluación, en ellas se indican los diferentes procedimientos, instrumentos, criterios y roles que se van a utilizar para la evaluación; los roles de los diferentes protagonistas del diseño de aprendizaje; y el entorno, donde se define dónde tendrá lugar el aprendizaje, conectando las actividades con los recursos necesarios para poder llevar a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje.

### **4.2.1. Objetivos de la práctica**

Antes de desarrollar las actividades necesarias para implementar esta metodología, el profesor debe establecer los objetivos concretos que busca en las prácticas, véase Recuadro 4.2. Estos objetivos dependerán de las competencias específicas que el profesor haya establecido para cada una de ellas.

Dado que este trabajo está enfocado para los estudios de ingeniería, se va a limitar nombrar las competencias de los estudios superiores de ingeniería. Ahora bien, tal y como se mencionó en el apartado 3.2, el método se podría aplicar a los estudios STEM, modificando las competencias requeridas para dichos estudios.

Para ello, en el apartado 4.3.1 se definirán los objetivos que se pueden conseguir implementando esta metodología, en función de las competencias generales para los estudios superiores, así como las específicas y transversales para los estudios de ingeniería.

**Objetivo:** que el alumno conozca las propiedades de las que depende que un resorte se alargue más o menos.

**Recuadro 4.2** Objetivo de la Práctica Básica “Resorte”

4.2.2. Actividades

Las diferentes actividades que componen esta metodología son:

**Act. 1. Preparar GUÍA.** Elaborar una guía con los siguientes contenidos:

- Desarrollar un diálogo con la teoría necesaria para el correcto entendimiento de lo que se va a realizar en la práctica y los pasos necesarios para realizarla correctamente. Se puede también elaborar un manual esquemático sobre estos contenidos, pudiendo dejarlo a disposición del usuario durante todo el videojuego.
- Descripción de las diferentes actividades necesarias para la correcta realización de la práctica, detallándolas lo mejor posible e indicando posibles errores a la hora de realizarlas.
- Realizar un diagrama de flujo sobre las actividades anteriormente descritas.
- Elaborar un banco de preguntas, así como de las posibles respuestas, indicando en el momento de la práctica se deben introducir cada una.

**Act. 2. Desarrollar VIDEOJUEGO.** Desarrollo del videojuego, teniendo en cuenta, siempre que sea posible, las siguientes características:

- Es recomendable elaborar el videojuego con datos de entrada variables, de manera que se den aleatoriamente y cada alumno tenga que realizar nuevos cálculos cada vez que juegue. El número de datos de entrada diferentes que se quieran dar, deberá ir en función de la complejidad del juego, así como del número de alumnos que deben reali-

zarlo, para que todos tengan que realizar sus propios cálculos y evitar que se aprendan las soluciones de memoria.

- Si la plataforma que se va a utilizar para desarrollar el videojuego lo permite, éstos deben realizarse con fotografías del material a emplear en la práctica, para que se pueda identificar correctamente.
- El videojuego debe constar de dos partes:
  - ✓ Una primera parte en la que un personaje, que hará las veces del “profesor virtual”, va explicando los diferentes pasos que el alumno debe seguir para realizar correctamente la práctica. En esta explicación, además de los conceptos necesarios para que el alumno pueda entender bien lo que está haciendo, hay que tener en cuenta aquellos conceptos necesarios para la realización correcta de la práctica. Aunque no sean objeto de la asignatura sobre la que se está realizando la práctica, esto es imprescindible ya que puede suceder que el alumno no tenga esos conceptos adquiridos o los tenga olvidados. Se deben proporcionar de alguna manera dentro del videojuego, indicando además, si es posible, en qué asignatura tendrían que haberlo aprendido. De esta forma el alumno, además de poder realizar la práctica porque se le han proporcionado todos los conceptos imprescindibles para su realización, comprueba la relación existente entre las diferentes asignaturas y adquiere la primera competencia básica establecida en el RD 1393/2007 (CB1, véase ANEXO B). El objetivo de utilizar los juegos serios es, entre otras cosas, mantener al alumno activo. En esta primera parte se trata de que la explicación requiera que el alumno tenga que interactuar, respondiendo preguntas durante la explicación del “profesor virtual” o teniendo que realizar una acción (escoger una herramienta determinada entre varias, pulsar un botón concreto de una máquina, etc.). Para conseguir la atención del alumno, las preguntas (y las posibles respuestas) deben ser descriptivas, de manera que el alumno tenga que leer bien las diferentes opciones antes de responder y no lo haga de manera automática a modo de prueba y error. En el caso de que las posibles respuestas no puedan ser descriptivas y tenga que ser entre opciones del tipo A B o C (estáticas y sin razonamiento), o se trate de realizar una acción (pulsar un botón de entre varios), a la respuesta/acción correcta le debe conti-

nuar otra pregunta, donde las posibles respuestas sean la explicación del motivo por el que seleccionó la pregunta anterior.

✓ La segunda parte del videojuego debe estar desarrollada de tal forma que el alumno pueda realizar la práctica sin ningún tipo de guía, a priori. En esta parte, aunque el alumno tiene que realizar la práctica solo, puede obtener ayuda por parte del “profesor virtual” en los momentos en los que no acierta con la respuesta o no sabe cómo continuar. La ayuda será proporcionada con retroalimentación, la cual puede ser: para que el alumno entienda el motivo de su error, en cuyo caso, el “profesor virtual” debe volver a explicar los conceptos que el alumno necesita para entender el motivo del error; para indicar qué debe hacer el alumno cuando éste no sepa continuar; o para reforzar los aciertos del alumno, con alguna explicación que le pueda animar a seguir con la práctica. Es muy importante tener en cuenta que los alumnos pueden no tener adquiridas ciertas habilidades que necesitan para la realización correcta del ejercicio, por lo que en la retroalimentación, además de explicarles el concepto, se le debe indicar en qué contexto lo tenía que haber adquirido. Para el ejemplo véase Recuadro 4.3.

Para el cálculo de la constante elástica del resorte, el alumno debe **saber calcular el área de una sección circular**.

Para que no deje de realizar bien la práctica por no recordar cómo se calcula, se le puede indicar cuál es la fórmula del área de dicha sección.

**Recuadro 4.3** Conocimientos básicos para la Práctica “Resorte”

**Act. 3. Ejecutar videojuego FUERA del aula.** El profesor deberá dar acceso al videojuego, definiendo cuántas veces se puede el alumno realizar la práctica: una o varias, según la finalidad que tenga sobre la misma.

**Act. 4. Preparar HERRAMIENTAS en el AULA.** Preparar el aula de prácticas estableciendo los puestos de trabajo con las máquinas y/o herramientas necesarias para la realización de las mismas. Se debe establecer otro espacio en el que los alumnos, una vez han realizado la toma de datos de la práctica, puedan realizar los cálculos necesarios para elaborar el informe final. De esta forma se deja libre el puesto de trabajo para que

pueda utilizarlo otro grupo. Aunque no es lo deseable, en caso de que el aula de prácticas no disponga de este espacio, se puede indicar a los alumnos que realicen los cálculos e informe final otro área establecida para el trabajo en grupo, de forma que puedan acudir al aula de prácticas en cualquier momento para preguntar al profesor las dudas que puedan surgirles.

**Act. 5. *Dividir en GRUPOS.*** Dividir a los alumnos en subgrupos de trabajo, dentro de los grupos ya establecidos para la práctica. Para ello, se tendrá en cuenta: el número de alumnos admisibles para la realización de cada práctica; el número de puestos de trabajo y/o herramientas de los que se disponga para la realización de la misma; el tiempo necesario estimado para el uso de cada máquina y/o herramienta.

#### 4.2.3. Actividades de evaluación

Cada práctica puede tener un sistema de evaluación diferente, en función de los objetivos que se busque con cada una de ellas. A continuación se describen las diferentes actividades de evaluación que se proponen en esta metodología:

- La interacción del alumno con el videojuego. El profesor escoge si quiere elaborarlo de manera que las acciones incorrectas tengan penalización con relación a la evaluación final. Un ejemplo de una acción incorrecta puede ser cuando el alumno escoge una herramienta que no es la adecuada para esa etapa de la práctica, o si responde mal a alguna de las preguntas que el profesor virtual le hace durante el juego. Es el profesor el que, al diseñar el videojuego, deberá definir si penalizar o no los errores, así como el número de veces que el alumno puede practicar con el videojuego (aunque es deseable que el alumno pueda practicar varias veces, sobre todo si no le ha salido bien a la primera). En caso de que el profesor necesite que el alumno sólo pueda ejecutar el juego una vez para obtener esta parte de la puntuación de la práctica, puede proporcionar otro enlace al videojuego, que no sea evaluable. De esta forma, el alumno tiene la posibilidad de practicar más, si lo estima necesario.
- La actitud del alumno durante las prácticas presenciales. Puede evaluarse tanto por observación como por preguntas, con una rúbrica previamente preparada para ello.
- Cuando el alumno adopte el rol de tutor, como se indica en el apartado 4.2.4. También se puede realizar la evaluación entre iguales, de forma

que los alumnos se evalúen unos a otros (los que hacen de tutor a los que están realizando la práctica y viceversa), utilizando la rúbrica preparada por el profesor.

- El informe final que el alumno tiene que realizar con las conclusiones que saca al realizar la práctica presencialmente.
- Cuestionario final, sobre los contenidos de la práctica una vez realizada presencialmente. Este cuestionario puede ser *on-line*, siempre y cuando el profesor pueda tener garantía de que es el propio alumno el que lo realiza, sin copiar de otros compañeros.

La nota final de la práctica dependerá de las diferentes actividades de evaluación que el profesor haya preparado para cada práctica, pudiendo ponderar cada una de ellas según su importancia.

#### 4.2.4. Roles

- Rol del desarrollador del videojuego. En función de la plataforma que se utilice para crear el videojuego, este rol puede desempeñarlo:
  - El profesor.
  - Un alumno, que sea capaz de desarrollar un videojuego, siguiendo la guía del profesor.
  - Desarrollador externo.
- Rol del alumno. El alumno es el que debe realizar la práctica, tanto virtualmente a través del videojuego, como presencialmente en el aula.
- Rol del tutor. Este rol puede desempeñarlo:
  - El profesor.
  - El alumno: puede establecerse una variante en la que los alumnos, una vez hayan realizado la práctica, hagan las veces del profesor, de manera que deben estar pendientes de sus compañeros para ayudarles. Esta variante se puede utilizar en las siguientes circunstancias: cuando se tienen más grupos de los deseados y el profesor por sí sólo no puede atender adecuadamente a todos los grupos; y/o cuando se desea evaluar a los alumnos que hagan las veces de profesor, para observar, desde otro punto de vista, si el alumno ha adquirido las habilidades que la práctica requería. Para que un alumno pueda desempeñar el rol de profesor, debe haber realizado correctamente la práctica y el profesor debe haber observado que han entendido bien lo que tenían que hacer. Además, no se le debe dejar sólo y siempre debe ser observado y/o asesorado por el profesor.

#### 4.2.5. Recursos

- Videojuegos elaborados con los contenidos de la práctica. Deben ser una guía virtual de cómo se debe realizar la práctica, explicando todos y cada uno de los elementos que forman parte de ella, el momento en el que lo deben utilizar y el objetivo a alcanzar.
- Foro u otro medio de comunicación *on-line*.
- Dispositivo electrónico (ordenador, tablet, teléfono móvil), para que el alumno pueda ejecutar el videojuego.
- Aula de prácticas, con espacio para que los alumnos puedan realizar los cálculos y/o informes. En caso de no disponer de este espacio, se debe prever otro lugar en el que puedan realizar este trabajo, aula cercana, espacio reservado por el centro para el trabajo en grupo o biblioteca.
- Material de la práctica a realizar presencialmente en el aula. El material y/o equipamiento que debe haber en el aula (Recuadro 4.4 y Figura 4.1).

Para el ejemplo del resorte, debe ser:

- un resorte (o más, con diferentes características, junto con una tabla en la que aparezcan las propiedades de cada resorte)
- un gancho donde colocar el resorte
- un conjunto de pesas (o dinamómetro, para tener varias combinaciones de fuerzas)
- una regla (o pie de rey), para medir el alargamiento del resorte

**Recuadro 4.4 Material necesario para la Práctica**



**Figura 4.1** Material para la práctica



#### 4.2.6. Entorno

- Fuera del aula: el alumno tener acceso al videojuego y disponer de un ordenador (o cualquier otro dispositivo desde el que se pueda ejecutar el videojuego) para realizar la práctica virtualmente, bien desde su casa, o desde un lugar público, como puede ser la biblioteca de la universidad.
- En el aula: debe estar todo el equipamiento necesario para realizar la práctica, de manera que el alumno pueda identificar correctamente todas las herramientas que ha utilizado en el videojuego.

Además, sería deseable que el aula disponga de un espacio donde estén los puestos de trabajo (con los elementos necesarios para la realización de la práctica) y otro para que los alumnos puedan realizar los cálculos necesarios así como el informe de la práctica (Figura 4.2).



**Figura 4.2** Ejemplo de un aula de prácticas

#### 4.3. **Objetivos de aprendizaje y requisitos previos del *Flip-GET***

En este apartado se detallan los objetivos de aprendizaje que se pretenden alcanzar con esta metodología, en función de las competencias (véase ANEXO B) y/o habilidades que el alumno deba adquirir tras la realización de la práctica, así como los requisitos previos necesarios para poder implementarla.

#### 4.3.1. Objetivos de aprendizaje

Dentro de las competencias generales los estudiantes universitarios deben conseguir, se establecen los siguientes objetivos para el alumno:

- CB1: Que demuestre poseer y comprender conocimientos previos necesarios para el área de estudio en cuestión, véase Recuadro 4.5.

Saber calcular el área de la sección de un resorte

#### **Recuadro 4.5** Competencia básica (CB1) para la Práctica

- CB2: Que sepa aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional. El alumno, al haber realizado la práctica virtualmente antes de asistir al aula, se debe sentir más seguro para ponerla en práctica sin miedo a equivocarse y sin requerir apenas ayuda por parte del profesor. Se prevé que, cuando llegue a su puesto de trabajo, será capaz de poner en práctica lo aprendido, pudiendo realizar de manera correcta y eficaz su trabajo.
- CB3: Que sea capaz de interpretar los datos y sacar sus propias conclusiones. Esta competencia se puede conseguir con la elaboración del informe final de la práctica, cuando compara y analiza los resultados obtenidos durante la misma.

Para las competencias transversales para el estudiante de ingeniería, se establecen los siguientes objetivos:

- T01 y T04: Que sea capaz de resolver los problemas y así, posteriormente, poder aplicar los conocimientos a la práctica.
- T10: Que sea capaz de transmitir lo aprendido a personas no expertas en la materia. Este objetivo será para los alumnos que tomen el rol de tutor, al explicar la práctica a sus compañeros.
- T12: Que sea capaz de aprender de manera autónoma. Al realizar las prácticas con sus propias manos, el alumno debe tomar sus propias decisiones en todos y cada uno de los pasos que hay que seguir para resolver la práctica, con lo que lo recordará mejor.
- T15: Que aprenda a interpretar documentación técnica. En la mayoría de las prácticas de ingeniería, se debe recurrir a tablas estandarizadas (códigos, propiedades geométricas, propiedades de los materiales, etc.), para poder realizar los cálculos que cada práctica requiere. El alumno debe ser capaz de utilizar estas tablas por sí solo.

Para las competencias específicas para cada una de las prácticas, el profesor debe establecer sus propios objetivos, teniendo como referencia los siguientes:

- B01: Capacidad para la resolución de los problemas tanto matemáticos como físicos que puedan plantearse en cada una de las prácticas.
- B02: Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la práctica y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.

#### 4.3.2. Requisitos previos

Los requisitos necesarios para poder implementar esta metodología son los siguientes:

- El profesorado no debe ser reacio en el uso de las nuevas tecnologías.
- Las prácticas en las que se quiere implementar esta metodología deben ser programables mediante un videojuego.
- Los alumnos deben tener acceso al videojuego antes de asistir a las prácticas presenciales. Según las características de cada práctica, el profesor establecerá el margen de tiempo previo para que los alumnos dispongan del videojuego y puedan practicar antes de ir al aula, así como el número de intentos que puede hacer el alumno para practicar.

#### 4.4. **Método para el *Flip-GET***

La metodología *Flip-GET* consiste en que el profesor debe desarrollar los contenidos que quiera que el alumno aprenda para realizar un tipo concreto de práctica, mediante la elaboración de un videojuego. Posteriormente, debe dar acceso al videojuego para que el alumno practique. Finalmente, el alumno debe asistir al aula para realizar la práctica de manera presencial y elaborar un informe y/o rellenar un cuestionario sobre la práctica. Con esta metodología se pretende que los alumnos adquieran los conocimientos necesarios para resolver la práctica, a través del videojuego, de manera individualizada y a su propio ritmo y se sientan protagonistas de su propio aprendizaje.

A continuación se describen los pasos que hay que seguir para implementar de manera correcta esta metodología, indicando quién debe realizar cada una de las actividades, en qué entorno se deben realizar y con qué recursos se cuenta para ello. Para ejemplificar la descripción de la metodología, se va a usar la práctica del resorte de Física [72], asignatura elemental para los estudios de ingeniería.

1. Seleccionar la/s práctica/s para implementar la metodología. En primer lugar el profesor debe seleccionar aquella/s práctica/s (véase Recuadro 4.6) con las que se quiere implementar la metodología.

#### **PRÁCTICAS DE FÍSICA**

1. Medida de longitudes con el pie de rey.
  2. Medida de longitudes con el palmer.
  3. Determinación de la constante elástica de un resorte.
  4. Péndulo simple: determinación de la magnitud de la gravedad.
  5. Flexión de una viga en voladizo de material elástico lineal.
  6. Principio de Arquímedes: determinación de densidades de sólidos y líquidos.
  7. Otras prácticas ...
- Como ejemplo para describir esta metodología, se selecciona la **Práctica 3**.

#### **Recuadro 4.6** Listado y elección de Prácticas de la materia de Física

2. Describir el contenido de la práctica y establecer los objetivos. Una vez seleccionada/s la/s práctica/s, se comenzará con una de ellas, describiendo el contenido de la misma y estableciendo el/los objetivo/s concretos que busca con la realización, por parte de los alumnos, de la práctica (Recuadro 4.7). Si se seleccionan más prácticas, volver a este punto para cada una de ellas.
3. Elaborar la guía de la práctica. En función de estos objetivos, el profesor deberá elaborar una guía sobre la práctica lo suficientemente descriptiva para poder desarrollar el videojuego. La elaboración de la guía de la práctica (Recuadro 4.8), con su correspondiente diagrama de flujo, la debe hacer el profesor.

#### **CONSTANTE ELÁSTICA DE UN RESORTE**

##### **Se desea conocer la constante elástica (rigidez) “k” de un resorte (muelle).**

En función de la fuerza “F” a la que se somete a un resorte y de las propiedades del mismo, éste tendrá una elongación (alargamiento/acortamiento) “ $\delta$ ”. La constante elástica experimental se calcula sustituyendo los datos obtenidos en la Ley de Hooke para resortes  $F = -k \cdot \delta$ .

Objetivo: que el alumno pueda comparar la constante elástica teórica con la experimental (real), sabiendo que dicha constante va en función de las propiedades del resorte  $k = A \cdot E / L$ , siendo:

A: la sección transversal de la pieza estirada

E: el módulo de elasticidad del resorte

L: la longitud del resorte

#### **Recuadro 4.7** Descripción y objetivos de la Práctica

### **GUÍA DE LA PRÁCTICA: CONSTANTE ELÁSTICA DE UN RESORTE**

#### Material necesario para la práctica:

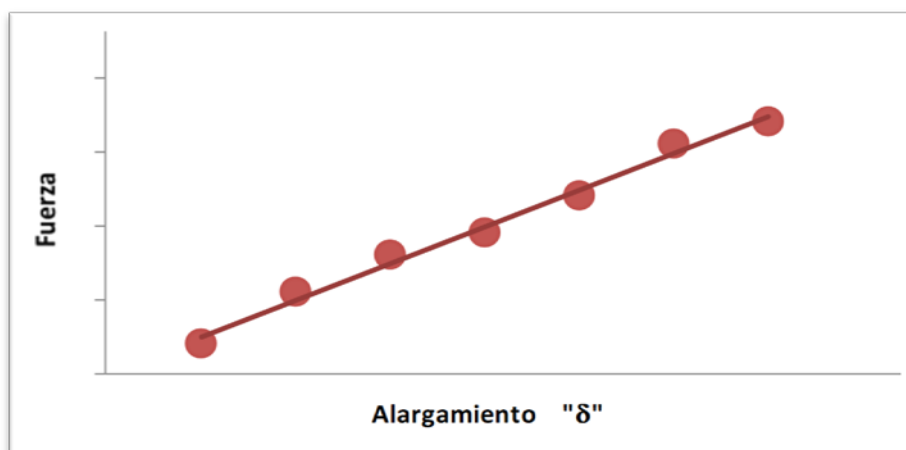
- a) un soporte vertical con base para poder fijar el resorte
- b) un resorte metálico helicoidal (o varios)
- c) un juego de masas con forma de disco (de 10 gr. cada una)
- d) un soporte vertical con base para poder fijar el resorte (10 gr.)
- e) una regla graduada

#### Pasos a seguir para la realización de la práctica:

1. Colocar el resorte en el pórtico y la regla graduada junto al resorte.
2. Tomar un punto de referencia de la regla.
3. Coloca el soporte vertical (d) y medir el alargamiento del resorte.
4. Ir colocando las demás pesas, anotando el alargamiento del resorte.
5. Construir una tabla en la que se incluyan las masas, los pesos y los alargamientos producidos en el resorte.
6. Hacer una representación gráfica de los valores de las fuerzas aplicadas en función de los alargamientos producidos.
7. Ajustar, por el método de los mínimos cuadrados, los valores de las fuerzas aplicadas (pesos) en función de los alargamientos producidos. La pendiente de dicha recta es la constante elástica del resorte  $k$ .
8. Comparar ese valor con el calculado teóricamente  $k=A \cdot E/L$ .

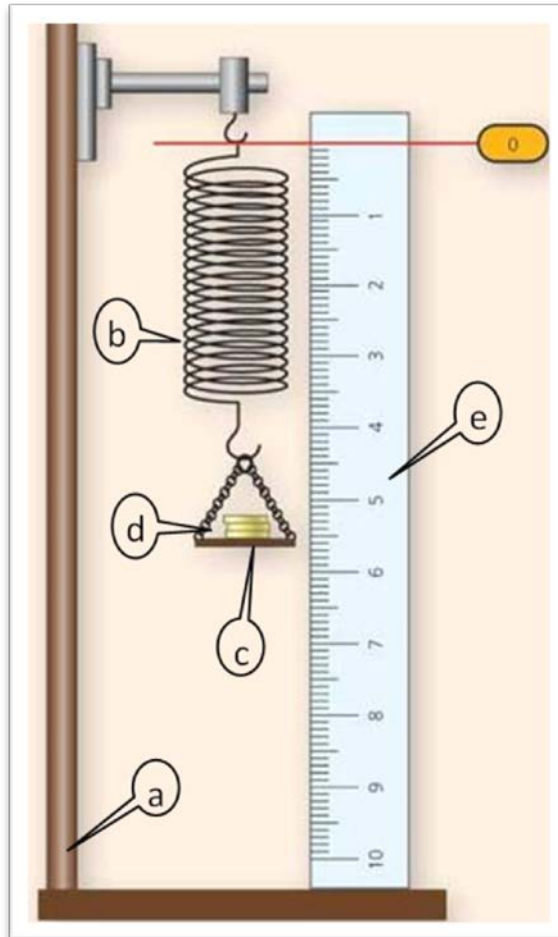
#### **Recuadro 4.8** Guía para la Práctica

En la Figura 4.3 se muestra un ajuste por el método de mínimos cuadrados para los datos obtenidos en la práctica del resorte (punto 7 de la guía de la práctica). Y en la Figura 4.4 se muestra el montaje de la práctica.

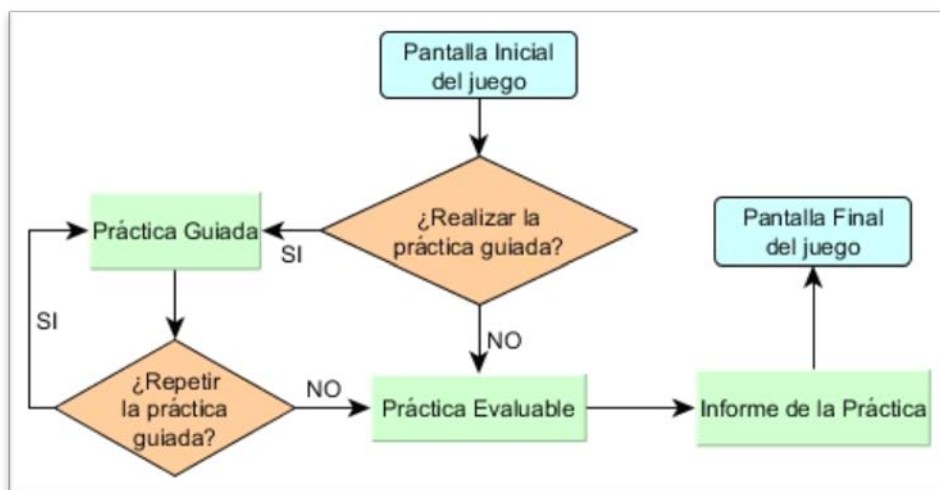


**Figura 4.3** Gráfica con valores de la práctica

4. Desarrollo del videojuego. A continuación, se procede al desarrollo del videojuego, pudiendo ser tarea del profesor o de un agente externo que le ayude a elaborarlo, siempre con su supervisión. En la Figura 4.5 se muestra un diagrama de flujo esquemático de cómo puede estar estructurado el videojuego.



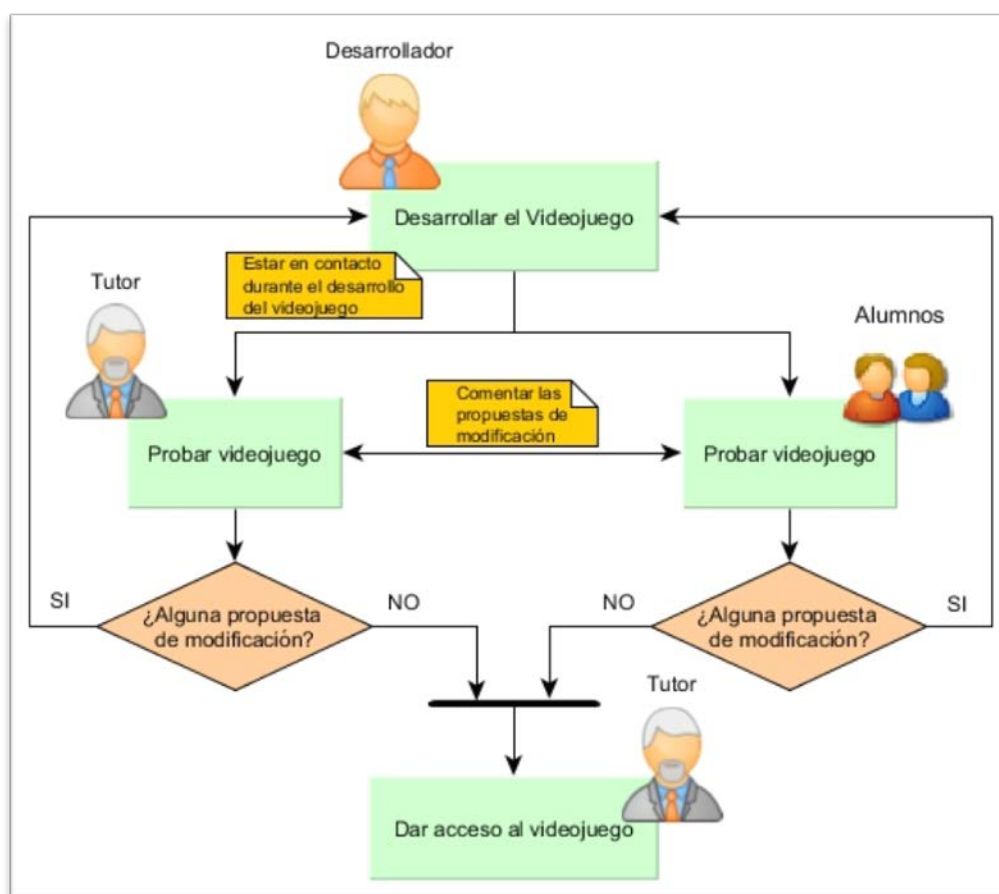
**Figura 4.4** Montaje de la práctica “Constante elástica de un resorte”



**Figura 4.5** Diagrama de Flujo Genérico del Videojuego

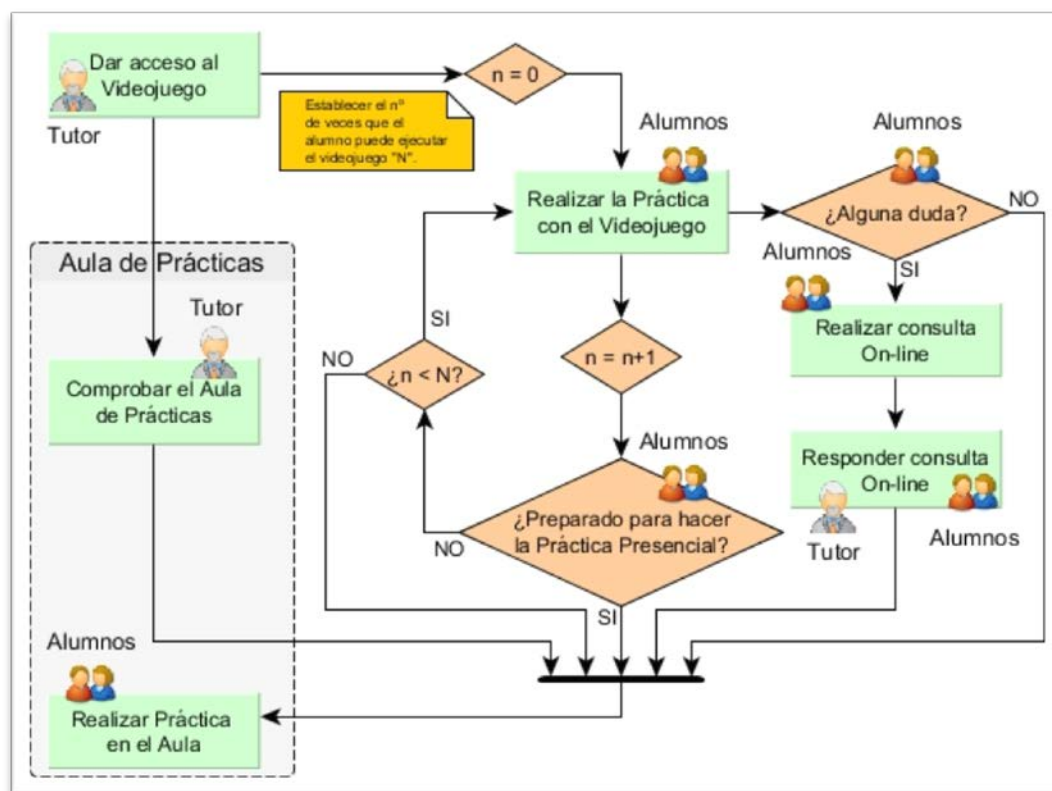


5. Probar el videojuego. Una vez desarrollado el videojuego, se debe probar para asegurar que no tiene errores de programación y/o conceptos. Esta prueba la puede hacer el tutor, aunque también puede solicitar a otros profesores y/o alumnos destacados que realicen dichas pruebas. Cuando el desarrollador del videojuego sea el propio profesor, conviene contar con la colaboración de otros profesores, pues pueden detectar cosas que al profesor (con el rol de desarrollador) se le pasen por alto (Figura 4.6).
6. Dar acceso al videojuego para los alumnos. Posteriormente, el profesor deberá dar acceso a los alumnos al videojuego. Lo deseable es que el acceso sea a través de la plataforma que utilice habitualmente para la comunicación y/o seguimiento del alumnado. Si esto no fuera posible, deberá proporcionar un enlace al videojuego para que los alumnos se lo descarguen y puedan ejecutarlo desde el dispositivo admitido por el videojuego. Además, habilitará un instrumento de comunicación (por ejemplo, un foro) para que los alumnos puedan ir preguntando las dudas que le surjan durante la realización de la misma y resolverlas, siempre que sea posible, por el mismo medio. El profesor deberá establecer los días mínimos necesarios para que los alumnos realicen la práctica virtualmente, antes de asistir presencialmente al aula.



**Figura 4.6** Diagrama de Flujo – Probar el Videojuego

7. Ejecutar el videojuego. A continuación, el alumno debe ejecutar el videojuego tantas veces como necesite y/o el profesor haya configurado. Cada alumno podrá compartir con los demás compañeros, y/o con el profesor, todo aquello que le resulte relevante, o dudas que le puedan surgir durante la realización de la práctica virtual, a través de los medios de comunicación o interacción establecidos. Las dudas que no se puedan responder por este medio, serán aclaradas por el profesor en la clase presencial durante la realización de la práctica. El diagrama de flujo de esta fase se muestra en la Figura 4.7.

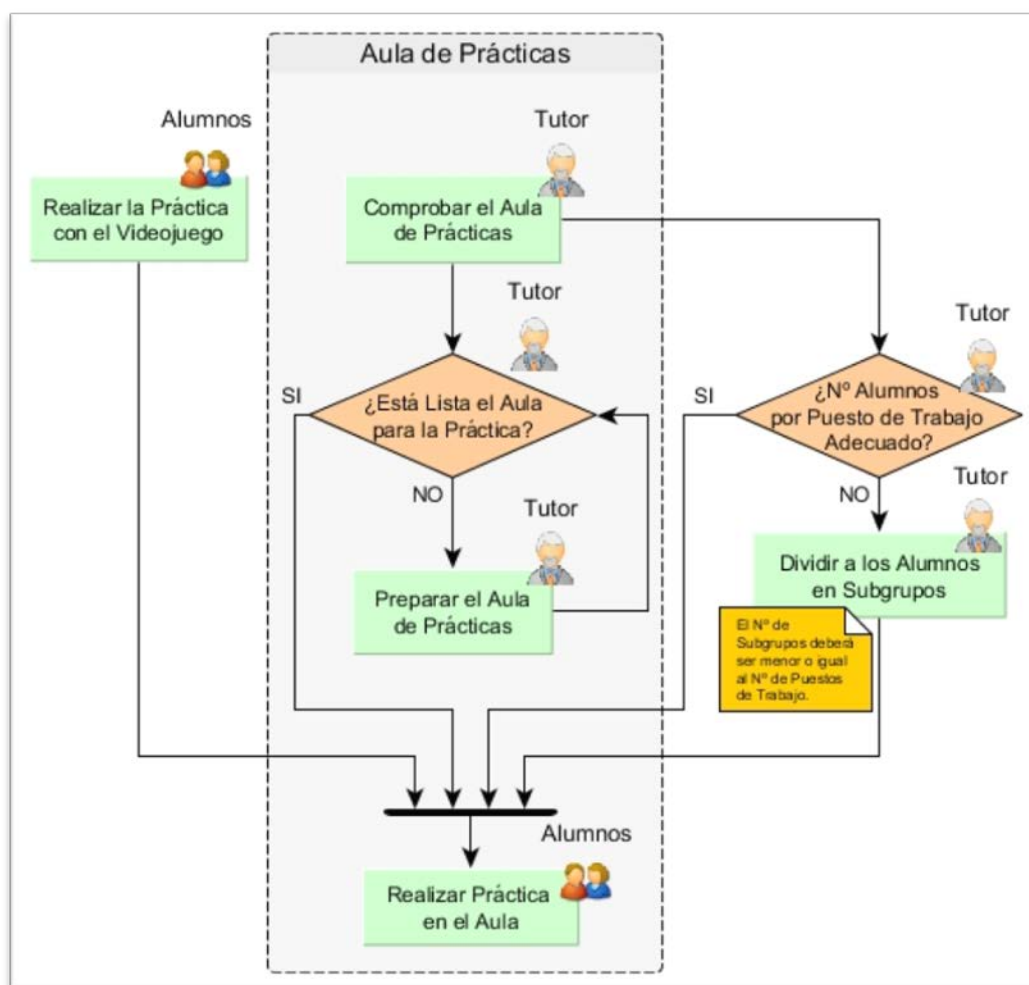


**Figura 4.7** Diagrama de Flujo – Ejecutar el Videojuego

8. Dividir a los alumnos en subgrupos de prácticas. El profesor deberá comprobar el aula de prácticas y estimar el tiempo que será necesario para realizarla presencialmente. Con esta información, y con el número de puestos de trabajo disponibles para realizar la práctica, dividirá los grupos de prácticas en subgrupos, estableciendo un horario de asistencia para cada uno, de manera que no haya más subgrupos que puestos de trabajo a la vez. Una vez establecidos los subgrupos de prácticas, si el número de alumnos por puesto de trabajo sigue siendo superior al necesario para la correcta realización de la práctica, el profesor la dividirá en diferentes tareas, de manera todos los alumnos tengan que realizar alguna parte de la práctica (Figura 4.8).



Ajustar los tamaños de los grupos es uno de los objetivos que se busca a la hora de implementar esta metodología (en función del puesto de trabajo y de la complejidad de la práctica), para que todos los alumnos puedan realizarla con sus propias manos y, además, dispongan de una mejor atención por parte del profesor. Al no tener que estar explicando la práctica a cada grupo de alumnos, el profesor dispone de más tiempo para atender dudas puntuales del alumnado, pues asisten a las prácticas con la lección preparada.



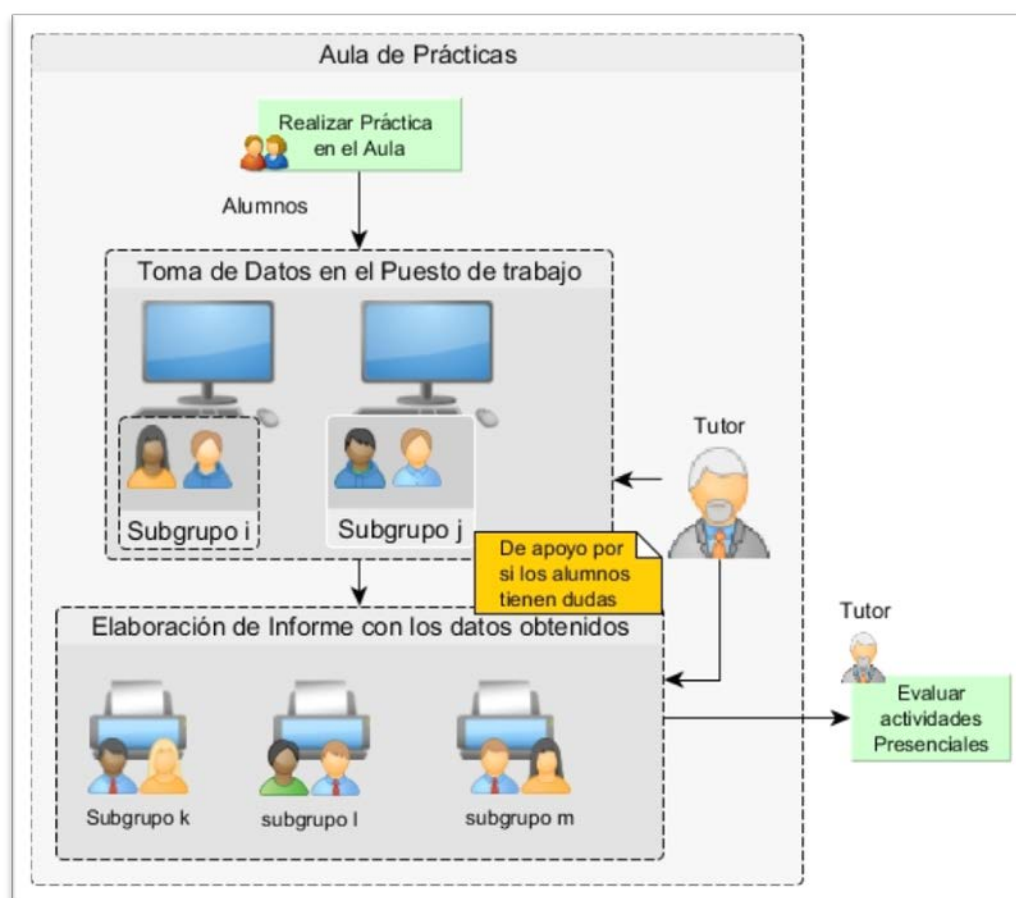
**Figura 4.8** Diagrama de Flujo – Comprobar Aula

9. Asistir a prácticas presencialmente. El alumno debe asistir al aula de prácticas, en el horario establecido por el profesor, para realizar la práctica de manera presencial. En el aula debe estar todo el equipamiento necesario para realizar la práctica, de manera que el alumno pueda identificar correctamente todas las herramientas que ha utilizado en el videojuego. Lo deseable es que el videojuego se haya elaborado con fotos reales del material, para que el alumno pueda identificar correctamente todos los elementos necesarios para realizar la práctica de manera ordenada y con conocimiento de lo que va haciendo en cada momento. El tutor deberá estar de apoyo,

tanto para resolver las dudas que pudieran surgir a la hora de realizar la práctica con el videojuego, como para recordar aquellos pasos que el alumno no recuerde para continuar la práctica. Este rol de tutor, lo puede realizar el mismo profesor o algún alumno, seleccionado por el profesor, según las características establecidas en el rol.

10. Elaborar el informe de la práctica. Una vez realizada la práctica presencial en el puesto de trabajo, el alumno tendrá que realizar los cálculos necesarios y/o el informe sobre la práctica, en el lugar que el profesor haya habilitado para dicha actividad. Cada alumno y/o subgrupo de trabajo deberá entregar un informe y/o cuestionario al profesor, según éste lo haya establecido para su evaluación.
11. Evaluación de la práctica. El profesor recopilará las diferentes actividades realizadas por el alumnado (utilizando las actividades de evaluación propuestas en el apartado 4.2.3, que estime oportuno). Finalmente indicará la nota definitiva obtenida como resultado de la realización de cada una de las actividades evaluables de la práctica, así como si fuera necesario la repetición de alguna de ellas.

Estos últimos pasos (9, 10 y 11) se muestran en la Figura 4.9.



**Figura 4.9** Diagrama de Flujo – Práctica en el Aula

En la Figura 4.10 se muestra el diagrama de flujo esquemático de la metodología *Flip-GET*, encontrándose el Diagrama de Flujo Completo de la metodología en el ANEXO C.

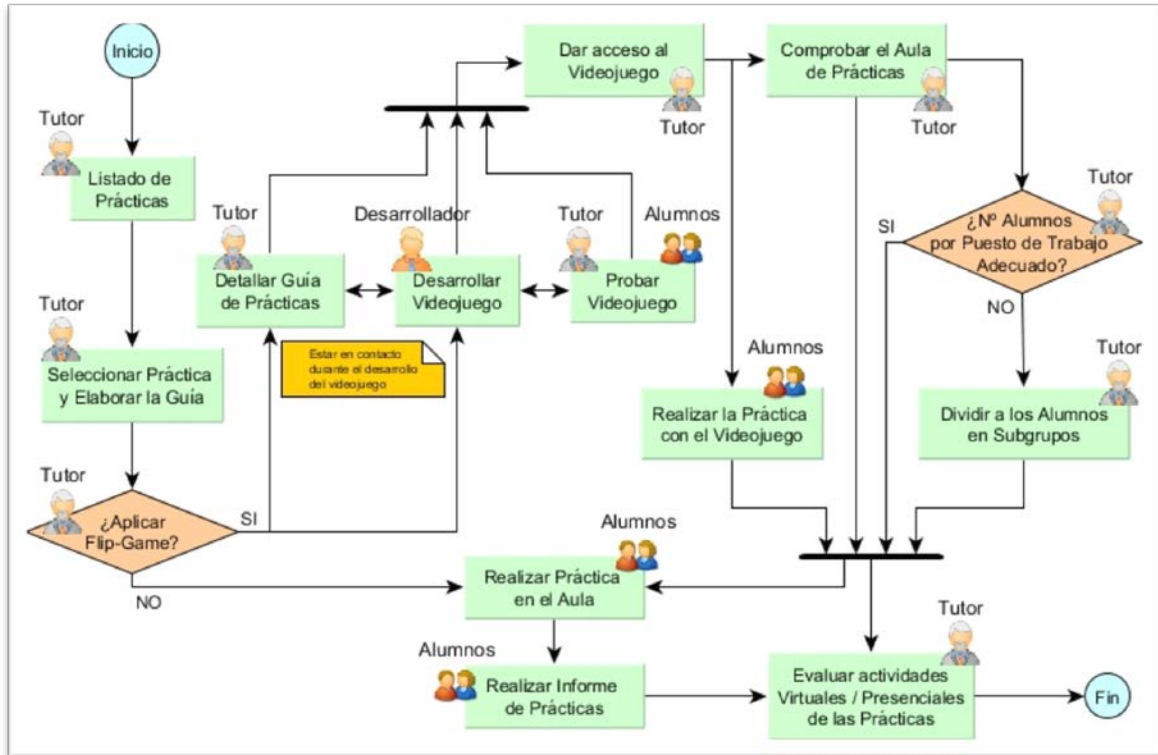


Figura 4.10 Diagrama de Flujo Esquemático – Metodología *Flip-GET*



# CAPÍTULO 5

## Descripción, análisis y discusión de los resultados de la investigación

En este capítulo se describe cómo surgió la idea de crear la metodología *Flip-GET*, así como los pasos seguidos para su implementación. Posteriormente, se ha evaluado utilizando el método por casos de estudio. Para el caso de estudio escogido, se ha utilizado el experimento controlado se ha analizado la aplicabilidad, tanto por parte del profesorado como por parte del alumnado, de la metodología en las prácticas de ingeniería. Con todo esto los alumnos han sido los principales protagonistas del experimento y la metodología *Flip-GET* ha sido el elemento de estudio.



### 5.1. Antecedentes

Este trabajo de investigación se centra en las prácticas de los estudios de ingeniería y, por tanto, es importante recordar que uno de los problemas que se están dando hoy en día en estas prácticas es que se dificulta su impartición debido al gran incremento de alumnos que se está produciendo en algunas materias (principalmente de los primeros cursos), sin el incremento adecuado del número de grupos.

En el ANEXO D se muestra un estudio realizado sobre la evolución del número de alumnos matriculados en una de las materias con esta problemática, en la Escuela Superior de Ingeniería (ESI) de la Universidad de Cádiz (UCA). Para ello se han analizado los últimos 10 años de la materia de Resistencia de Materiales (RM), la cual se imparte en el segundo curso de casi todos los estudios de ingeniería que se pueden cursar actualmente en la ESI de Cádiz.

Como se puede ver en la Tabla D.3, este incremento en el número de alumnos matriculados en dichas asignaturas (sin incrementarse el número de grupos de práctica de manera proporcional), hizo que la ratio de alumnos/grupo de práctica fuera superior a la recomendada, incrementándose de un curso a otro de manera considerable y dificultando la realización de las prácticas de la materia en cuestión.

La organización de este tipo de prácticas estaba establecida en sesiones de 90 minutos y se dividía en tres partes: una primera parte en la que el profesor explica cómo ha de realizarse la práctica, indicando los elementos necesarios para realizarla y, en algunos casos, explicando conceptos nuevos necesarios para poder entender lo

que se está haciendo y llevarla a cabo correctamente; una segunda parte en la que los alumnos realizan la práctica, obteniendo los datos resultantes de la misma; y una tercera parte en la que los alumnos deben realizar los cálculos y/o el informe sobre los datos obtenidos, indicando además lo aprendido en la práctica.

Con el nuevo plan de estudios, en el curso 2011/2012 comenzó a impartirse la asignatura “Elasticidad y Resistencia de Materiales I”, en el Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales (GITI). Para este curso, la ratio era de 17 alumnos/grupo de práctica. Debido a esta ratio y que sólo se disponía de 2 puestos de trabajo para la realización de las prácticas (correspondiendo 8 alumnos/puesto de trabajo), la metodología utilizada por el profesor fue la siguiente: tras la explicación de los conceptos necesarios para la realización de la práctica a todos los alumnos, escogía a dos (uno para cada puesto de trabajo) para que realizaran la práctica mientras los demás se limitaban a observar a su compañero y realizar la toma de datos desde la distancia (si se colocan cerca del puesto de trabajo sólo verían bien los que están en primera línea). A pesar de esto, las prácticas se pudieron realizar correctamente, un alumno realizaba la práctica y 7 observaban. Posteriormente, realizaron el informe final en grupo, por lo que no pudo evaluarse el grado individual de adquisición de habilidades.

Para el curso 2012/2013, la ratio aumentó a 28 alumnos/grupo de práctica (aunque se solicitó incrementar el número de grupos para reducir esta ratio, no fue posible organizativamente). Esto implicaba 14 alumnos por puesto de trabajo, haciendo inviable realizar la práctica de manera similar al curso anterior. Dado que de los 90 minutos establecidos para la realización las prácticas, la toma de datos delante del puesto de trabajo se puede realizar en aproximadamente 30 minutos (pudiendo realizar los cálculos y el informe en un lugar diferente del aula), para intentar arreglar esta situación, se optó por dividir cada grupo de alumnos en 3 subgrupos, de manera que fueran dejando libre el puesto de trabajo para el siguiente grupo. De esta forma, cada 30 minutos el profesor iría explicando la práctica a dos subgrupos, los cuales pasarían al puesto de trabajo para realizar la práctica, dejándolo libre cuando pasaran a la siguiente fase.

Como ya se ha explicado en la introducción del CAPÍTULO 3, lo deseable en las prácticas con máquinas y/o herramientas, es poder ajustar el número de alumnos por grupo de prácticas en función del espacio disponible en un puesto de trabajo, del número de puestos de trabajo y de la complejidad de la práctica. Para este caso, además de que la práctica es sencilla, el puesto de trabajo es pequeño, por lo que la ratio adecuada debería estar entre 2 y 3 alumnos/puesto de trabajo (más alumnos se quedarían en segunda fila y no verían bien lo que están haciendo los demás). En el curso 2012/2013 se disponía de un solo profesor por sesión de prácticas y dos puestos de



trabajo, por lo que se dividió a los alumnos en 48 subgrupos de trabajo: 8 grupos de prácticas aprobados; 3 subgrupos para la toma de datos; y 2 puestos de trabajo por sesión. Teniendo en cuenta que había 218 alumnos matriculados (de los cuales 16 no realizaron las prácticas ese curso), quedaron 4 alumnos en cada puesto de trabajo, a excepción de 10 subgrupos que tuvieron que formarse por 5 alumnos.

A nivel del alumnado, la experiencia resultó más satisfactoria que el curso anterior, pues se consiguió que los alumnos estuvieran próximos al puesto de trabajo, pudiendo realizar muchos de ellos la práctica, y no quedándose todos como simples espectadores. Pero no resultó satisfactoria para todos, pues eran entre 4 y 5 el número de alumnos por puesto de trabajo, lo cual seguía dejando la posibilidad de que alguno no realizara la práctica y se limitara a estar presente. La opinión de los alumnos que cursaban la asignatura por segunda vez, sobre qué les había parecido la experiencia de estar cerca del puesto de trabajo para hacer la práctica, fue muy positiva, aunque también comentaron que seguían siendo muchos alumnos por puesto de trabajo y algunos habían tenido ciertas dificultades en comprender bien de lo que se estaba haciendo.

Con relación al profesorado, la experiencia fue satisfactoria desde el punto de vista de haber conseguido involucrar a los alumnos en las prácticas, pero resultó una experiencia agotadora, ya que se tuvo que explicar las diferentes prácticas hasta un total de 24 veces, en lugar de 8. Además del estrés que resultaba tener que dar la explicación cada 30 minutos a un grupo nuevo, y sin poder entretenerse, pues cualquier retraso implicaba retrasos acumulados en los siguientes grupos.

Por este motivo se pensó que era necesario rediseñar la forma de impartir este tipo de prácticas, sobre todo en aquellas materias que tuvieran la misma problemática. Para evitar que el profesor tuviera que repetir muchas veces la misma explicación de la práctica, se utilizaría el método del aula invertida de manera que el alumno asistiera al aula con una formación previa. Esta explicación se haría mediante el diseño de un videojuego, para motivar al alumno a prestar atención. El alumno tendría que realizar las prácticas virtualmente antes de asistir al aula, siendo parte activa de su propio aprendizaje. Es entonces cuando nació la metodología denominada *Flip-GET*, descrita en el CAPÍTULO 4.

En el apartado 5.2 se explica cómo se implementó la metodología por primera vez (en el curso 2013/2014). En el apartado 5.3, se analizan los datos obtenidos en dos casos de estudio diferentes [73]: Caso 1, curso 2012/2013, antes de que naciera la metodología *Flip-GET*; Caso 2, curso 2013/2014, en el que todos los alumnos reali-

zaron las prácticas con la metodología *Flip-GET*. En el apartado 5.4, se realiza una evaluación experimental de la metodología, curso 2014/2015, en el que la mitad de los alumnos realizaron las prácticas como en el Caso 1 (sin usar la metodología) y la otra mitad como en el Caso 2 (usando la metodología). En el apartado 5.5 se realiza un análisis de tiempos para la metodología *Flip-GET*. Por último, en los apartados 5.6 y 5.7 se muestran los resultados de unas encuestas realizadas a los alumnos que han experimentado la metodología y a otros profesores a los que se les ha realizado un seminario sobre esta metodología.

En la Tabla 5.1 se muestra una recopilación de los datos empleados en los diferentes casos de estudio, con objeto de tener una visión general de los mismos. Los datos recogidos en dicha tabla son: objetivo/hipótesis que se pretende alcanzar, la metodología empleada, el curso académico en el que se implementó, el número de alumnos utilizados en la muestra, el número de subgrupos en los que se dividió a los alumnos y la ratio (número de alumnos por puesto de trabajo).

**Tabla 5.1** Recopilación de datos de los casos de estudio

Caso de Estudio	Objetivo Hipótesis	Metodología	Curso Asignatura-Título	Nº Alumnos	Nº subgrupos	Ratio
Caso 1	O1 H1-H2	Sin <i>Flip-GET</i>	2012/2013 ERM I - GITI	188	24	6-7
Caso 2	O2 H3	Con <i>Flip-GET</i>	2013/2014 RM - GIDlyDP	66	20	3-4
Evaluación Experimental	O3 H4-H5	Sin <i>Flip-GET</i>	2014/2015 RM GIDlyDP	20	6	5-6
		Con <i>Flip-GET</i>		20	13	2

## 5.2. Implementación de la Metodología *Flip-GET*

Para implementar la metodología *Flip-GET* lo primero que se hizo fue seleccionar las prácticas sobre las que se trabajaría. Se escogió la materia Resistencia de Materiales por varios motivos: porque la ratio de alumnos/puesto de trabajo es superior a la deseable para una correcta realización de las prácticas, porque en todas las asignaturas relacionadas con esta materia se realizan las mismas prácticas y porque se imparte en la mayoría de las titulaciones de ingeniería. En la Tabla D.2 se muestra la evolución del número de alumnos matriculados en esta materia, por curso académico, ascendiendo a un total de 499 alumnos para el curso 2014/2015.

De las diferentes asignaturas relacionadas en el ANEXO D, se seleccionó una de ellas para implementar la metodología. Para esta selección se establecieron varios criterios (teniendo en cuenta los datos obtenidos en la Tabla D.3): debido a la necesidad de disponer del máximo tiempo posible para desarrollar la metodología (incluyendo la elaboración de los videojuegos) sería conveniente que la asignatura escogida se impartiera en el segundo semestre; dado el carácter experimental de la misma, se estableció que la asignatura tuviera el menor número de alumnos matriculados. Con estos criterios, la asignatura seleccionada, fue Resistencia de Materiales, del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto. Dicha asignatura tenía 66 alumnos matriculados y 3 grupos de prácticas, con una ratio de 22 alumnos por grupo de prácticas.

A partir de aquí, se siguieron los pasos de la metodología *Flip-GET*, descritos en el apartado 4.4 (y representados en el diagrama de flujo de la Figura 4.10), implementándola por primera vez en el curso 2013/2014.

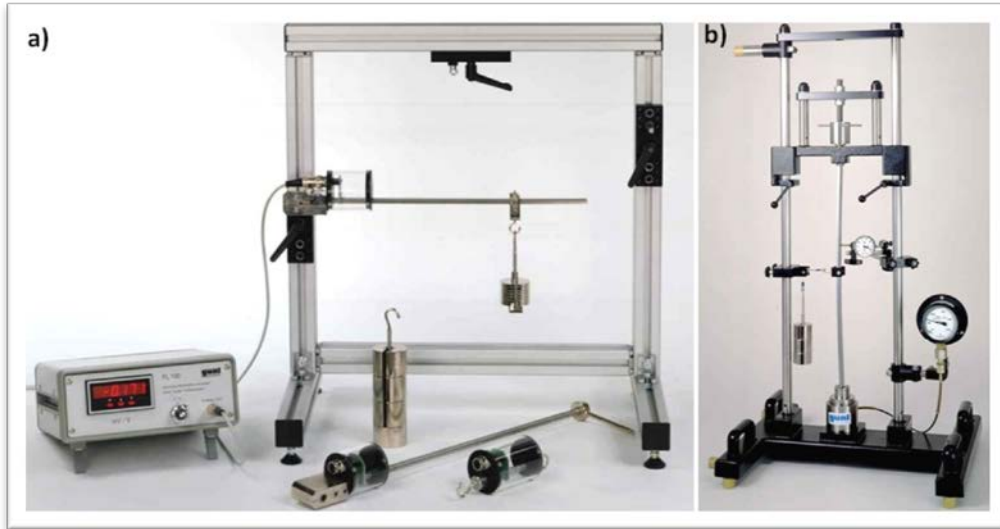
#### 5.2.1. Seleccionar las prácticas para implementar la metodología

En la Asignatura Resistencia de Materiales, las prácticas que están establecidas (relacionadas con los contenidos teóricos de la asignatura) son:

- ✓ Tensiones internas en barras (3 prácticas): consiste en la obtención del valor de las tensiones internas de las barras, a partir de las deformaciones producidas por los diferentes cargas, medidas con galgas extensométricas:
  - Ensayo de Flexión.
  - Ensayo de Tracción.
  - Ensayo de Torsión.
  
- ✓ Pandeo de barras (2 prácticas):
  - Carga crítica por Pandeo e Influencia del apoyo
  - Influencia de la longitud e Influencia del material y del módulo E.

En la Figura 5.1 se muestran los puestos de trabajo en los que los alumnos deben desarrollar las prácticas [74].

De las prácticas anteriores, se han seleccionado las tres primeras prácticas, debido a que son similares en la ejecución, se realizan en el mismo puesto de trabajo, véase Figura 5.1 (a) y se dispone de dos puestos de trabajo. Una vez desarrollado el primero de los videojuegos, los otros dos serán muy parecidos. De estas tres prácticas seleccionadas, se empezó por la práctica de Ensayo de Flexión, se continuó con la de Ensayo de Tracción y no dio tiempo de desarrollar el videojuego de la práctica de Torsión, teniendo que dejarlo para el curso siguiente.

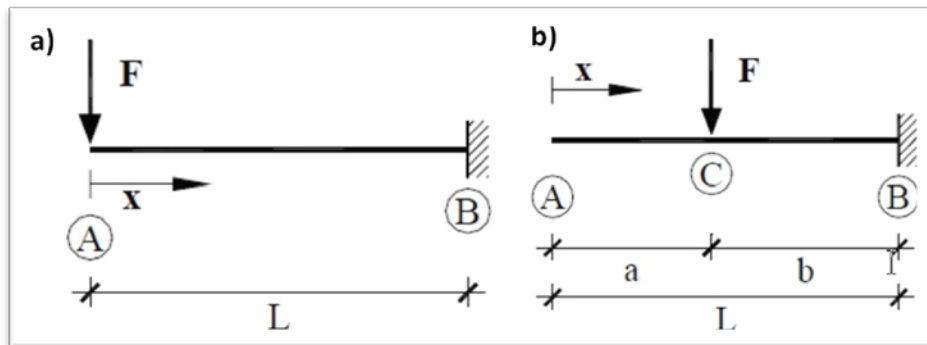


**Figura 5.1** Equipos: a) FL 100 Sistema Didáctico de Galgas Extensométricas  
b) WP120 Pandeo de Barras

5.2.2. Describir el contenido de la práctica y establecer los objetivos

La práctica de Ensayo de Flexión consiste en someter a una barra a diferentes cargas, que provoquen esfuerzos internos de flexión en la barra. Para esta práctica, la barra está empotrada en un extremo y libre en el otro, la cual se someterá a diferentes cargas puntuales, en diferentes posiciones de la barra, como se muestra en la Figura 5.2.

En el extremo empotrado, hay pegadas unas galgas extensométricas, para que midan las deformaciones que sufre la barra en ese punto, según las diferentes cargas a las que se someta.



**Figura 5.2** Viga empotrada en un extremo y libre en el otro, con una carga puntual **a)** en el extremo **b)** en un punto intermedio de la viga

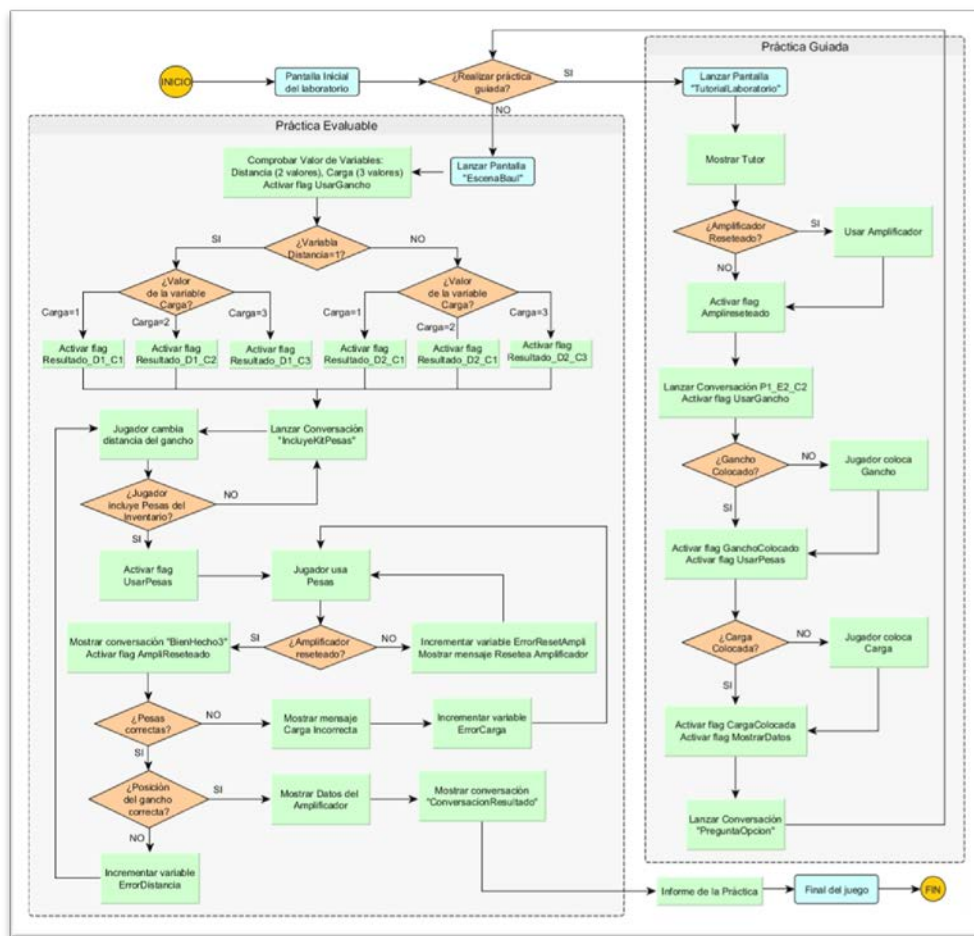
El objetivo de la práctica es que el alumno compruebe que las tensiones internas experimentales (que va a poder calcular con los datos obtenidos por el amplificador de medida durante la práctica y las fórmulas proporcionadas en la guía), son similares a las tensiones internas teóricas explicadas en clase y comprenda mejor el comportamiento de los elementos sometidos a este tipo de esfuerzos.

### 5.2.3. Elaborar la guía de la práctica

Con la compra de los equipos para las prácticas, la empresa Gunt Hamburg [74] proporciona una guía detallada sobre las prácticas. En el ANEXO E, se puede consultar la guía resumen elaborada para estas prácticas (la cual es un resumen de la guía proporcionada por Gunt Hamburg).

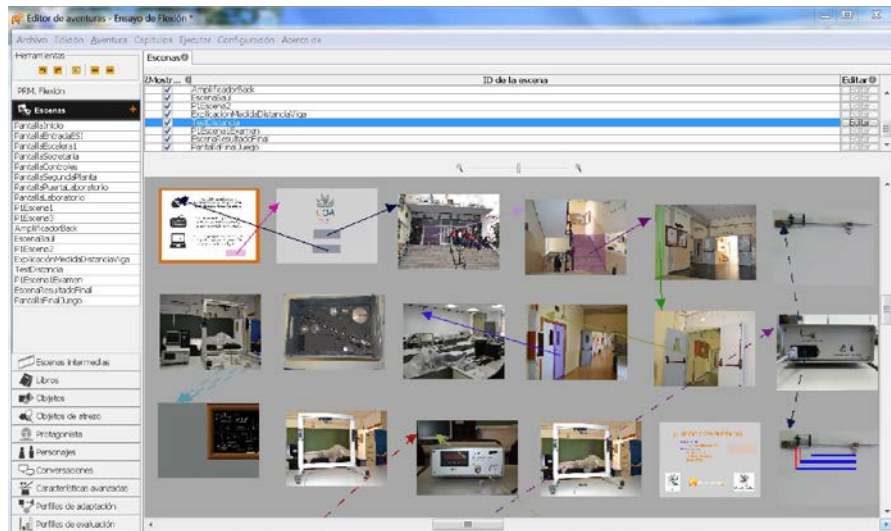
### 5.2.4. Desarrollo del videojuego

Para desarrollar el videojuego se ha elegido la plataforma <e-Adventure> [75], la cual es un marco de trabajo para el desarrollo de aventuras gráficas y se centra, principalmente, en el desarrollo de herramientas educativas. Esta plataforma es de software libre, está diseñada de manera que no haga falta tener conocimientos de programación para poder crear un videojuego y se puede exportar como paquete SCORM e importarlo a Moodle (que es la plataforma de enseñanza virtual con la que trabaja en la Universidad de Cádiz). El desarrollo del videojuego se realizó con un desarrollador externo, contratado para el curso 2013/2014. Antes de comenzar a desarrollarlo, se elaboró un diagrama de flujo de la práctica (partiendo del diagrama de la Figura 4.5), el cual se muestra en la Figura 5.3.

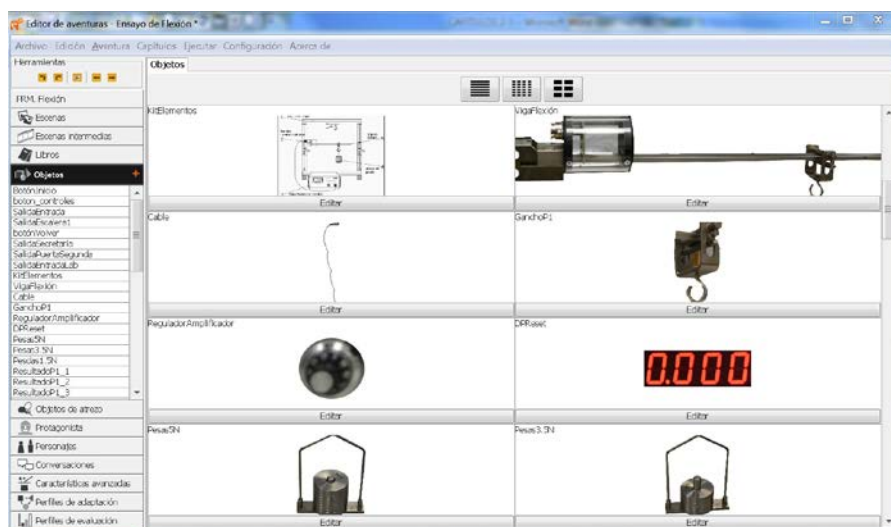


**Figura 5.3** Diagrama de Flujo de la práctica Ensayo de Flexión

Una vez elaborado el diagrama de flujo de la práctica, se procedió a confeccionar los recursos digitales necesarios para incluir en el videojuego. En este caso fueron fotografías, aunque podrían haber sido grabaciones, videos o animaciones. Se fotografiaron los espacios (escenas, véase Figura 5.4) en los que se desarrollaría la práctica y los instrumentos necesarios para poder realizarla (objetos, véase Figura 5.5). Además, para poder simular que el amplificador de medida funciona en el videojuego (la medida del amplificador varía en función de si se modifica la carga y/o distancia sobre la viga), se realizó la práctica con todas las variables que se iban a introducir en el videojuego (3 valores diferentes de cargas, en dos posiciones diferentes de la viga) y se fotografiaron los datos que daba el amplificador. Estas fotografías se consideraron como “objetos” apareciendo en el amplificador, en función de la variable que corresponda, proporcionando el dato necesario al alumno para que pueda realizar los cálculos y el informe final.



**Figura 5.4** Escenas del videojuego, en la plataforma <e-Adventure>



**Figura 5.5** Objetos utilizados, en la plataforma <e-Adventure>

También se crearon los personajes del videojuego (ver Figura 5.6). La plataforma <e-Adventure> permite configurar que los personajes simulen que estaban hablando cada vez que se establecía una conversación (ver Figura 5.7), lo cual genera que sea más atractivo el videojuego. Aunque también se le puede poner voz al personaje (con un sintonizador de voz o grabada por uno mismo), esta opción no se ha utilizado en esta ocasión. Para estos videojuegos se crearon dos personajes: un alumno que indicará el camino para llegar al laboratorio y un profesor que será que le guíe los pasos a seguir durante la práctica.

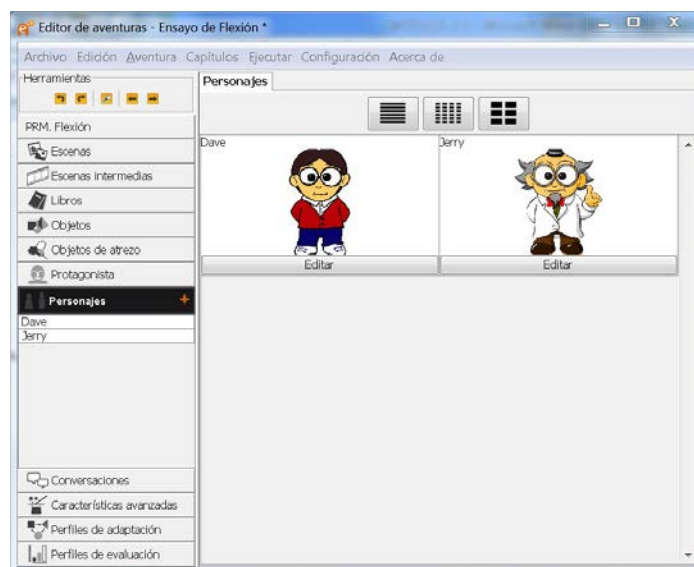


Figura 5.6 Personajes utilizados en la plataforma <e-Adventure>

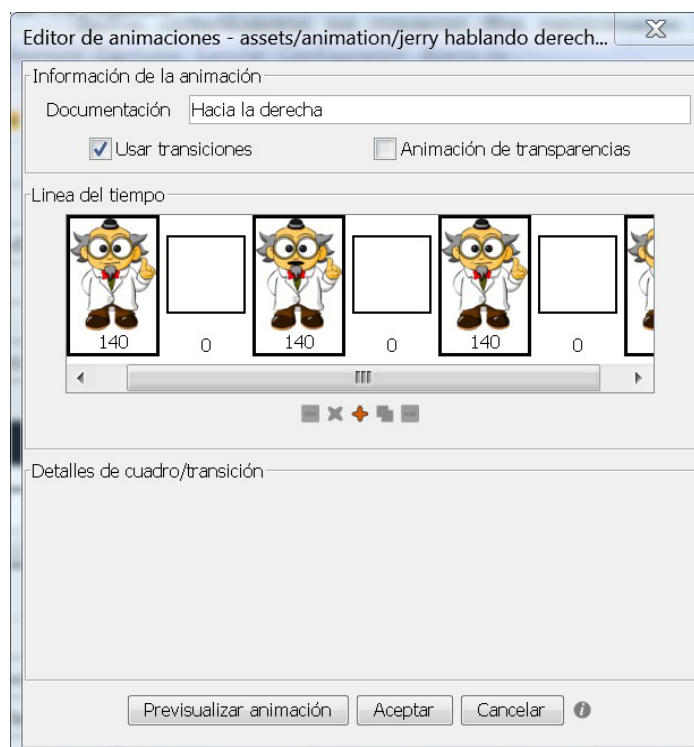


Figura 5.7 Configurando al “Profesor Virtual” para que simule que habla



Otro de los elementos creados para el videojuego fue un manual de la práctica, resumiendo las fórmulas que el alumno necesitará para poder hacer los cálculos y el informe final. Este manual se genera como un objeto que el alumno debe coger al principio del videojuego, para poder consultarlo en cualquier momento (ver Figura 5.8).

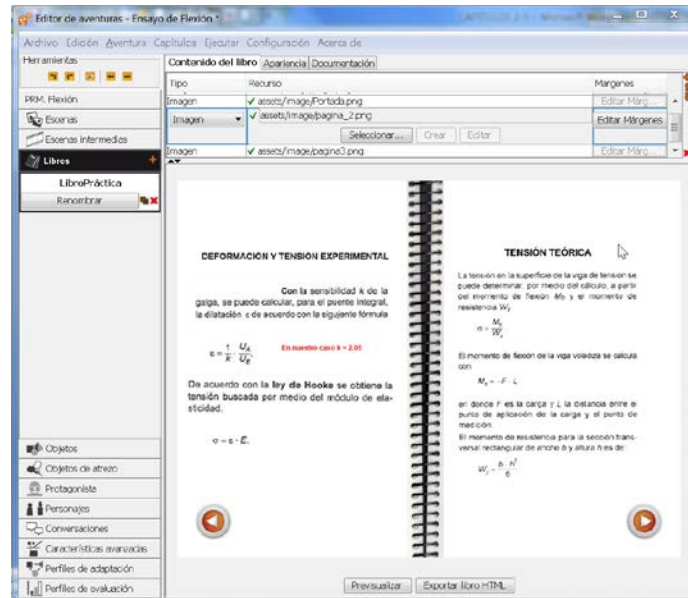
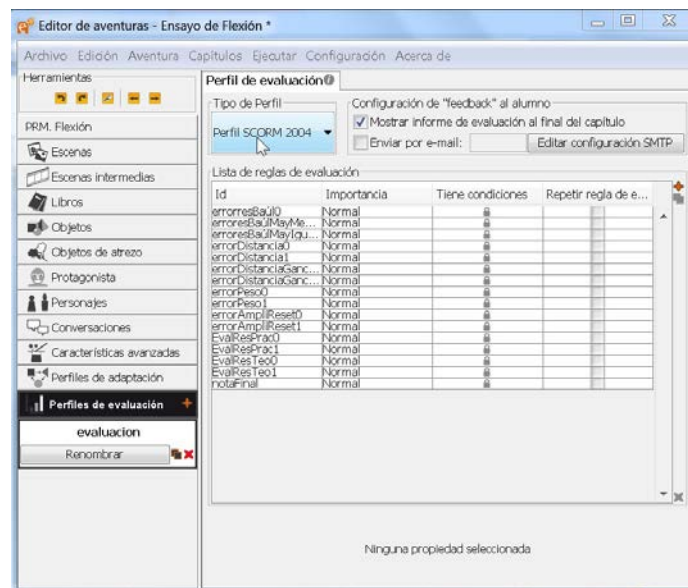


Figura 5.8 Configurando Manual Esquemático de la Práctica

Finalmente se creó la evaluación, seleccionando las acciones que serían calificables. Así, una vez el alumno finaliza la parte del videojuego “Evaluable”, le aparece un informe final (véase Figura 5.9), indicando si ha realizado correctamente cada acción evaluable o ha cometido algún error. Esta calificación, si el videojuego se ejecuta desde Moodle, es una nota más de la plataforma.





5.2.5. Probar el videojuego

Aunque es tarea del desarrollador del videojuego realizar las pruebas necesarias para que funcione correctamente, el método *Flip-GET* propone que también lo prueben otras personas, pues pueden detectar errores y/o mejoras que al desarrollador se le han pasado por alto. En este caso, se contó con la colaboración de alumnos que el curso anterior habían realizado las prácticas presencialmente (y también habían aprobado la asignatura), para que dieran su opinión y propuestas de mejora.

Por ejemplo, uno de los cambios que se tuvo que hacer es cuando el alumno quiere realizar las prácticas por sí sólo, y necesita coger los diferentes elementos para poder hacer las prácticas. Al querer coger las llaves del baúl, el profesor le decía que no las necesitaba para nada, como se muestra en la Figura 5.10. El desarrollador no había caído en la cuenta de que eran necesarias para poder cambiar la distancia de la carga (el gancho sobre el que van colgadas las pesas se tiene que fijar con estas llaves), y fueron los alumnos los que detectaron el error. Para el Ensayo de Tracción, las llaves no son necesarias, por lo que para esa otra práctica hubo que volver a hacer el cambio.



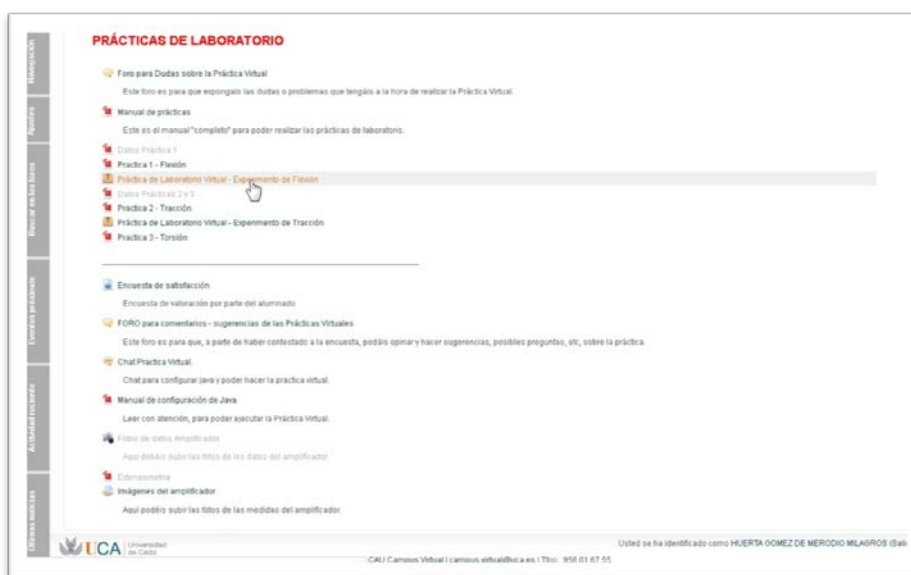
**Figura 5.10** Escena con un error, antes de su modificación

Se consiguió terminar el desarrollo de los videojuegos para el Ensayo de Flexión y para el Ensayo de Tracción.

### 5.2.6. Dar acceso al videojuego para los alumnos

Una vez estuvo preparada la versión definitiva de los videojuegos, se exportaron como paquete SCORM y se subieron a la plataforma Moodle, en el Aula Virtual de la asignatura, configurando el número de accesos permitidos para que el alumno pueda ejecutar la práctica antes de asistir al aula. En este caso, se dejó que lo pudieran ejecutar hasta 5 veces, pues el objetivo era que los alumnos aprendieran a hacer la práctica para poder asistir al aula preparados, sin contar la calificación para la nota final de las prácticas.

Como se muestra en la Figura 5.11, además de los videojuegos, se habilitó un “Foro para Dudas sobre la Práctica Virtual”. De esta forma, los alumnos podían consultar las dudas les surgieran sobre las prácticas antes de acudir al aula. También se les proporcionó el manual completo (de la empresa Gunt-hamburg) y la guía resumen de las prácticas (incluida en el ANEXO E).



**Figura 5.11** Aula Virtual de la asignatura RM, en la plataforma Moodle

Como la plataforma <e-Adventure> funciona bajo la máquina virtual Java, también se les proporcionó un manual sobre cómo debía estar configurada para que funcione correctamente el videojuego. Incluso se activó un chat, para ayudar a los estudiantes a configurar su ordenador de manera más directa. Esta configuración sólo la debían hacer para la primera vez que ejecutaran un videojuego.

Por último, se elaboró una encuesta *on-line* de satisfacción sobre la experiencia de realizar la práctica a través del videojuego antes de asistir al aula de prácticas y se activó un “Foro para Comentarios – Sugerencias de las Prácticas Virtuales”, con el objetivo de mejorar el videojuego en siguientes versiones.

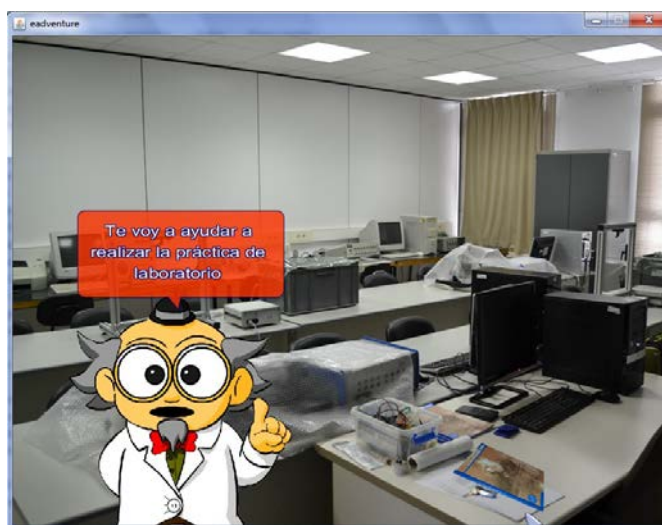
### 5.2.7. Ejecutar el videojuego

Una vez publicado el videojuego por parte del profesor, los alumnos procedieron a ejecutarlo desde el Aula Virtual de la asignatura. Antes de empezar, pueden ver el número de intentos que tienen permitidos, el número de intentos que han realizado ya, así como la calificación obtenida en cada intento, como se muestra en la Figura 5.12.



**Figura 5.12** Acceso a la Práctica Virtual, en la plataforma Moodle

En el videojuego, el alumno puede ver el laboratorio real y deberá seguir la conversación con el profesor virtual, quien le irá guiando paso a paso lo que debe hacer para llevar a cabo satisfactoriamente la práctica (Figura 5.13).



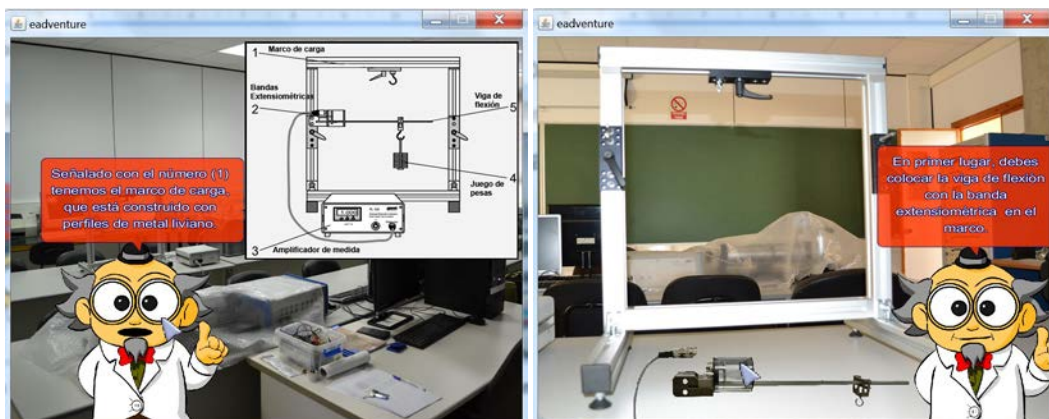
**Figura 5.13** Laboratorio del videojuego

El alumno tiene la opción de realizar la práctica guiada por el profesor antes de proceder a realizarla por sí solo o, si ya ha ejecutado el videojuego anteriormente, puede pasar a realizar la práctica sin guía, véase la Figura 5.14.



**Figura 5.14** Escena: el alumno escoge si hacer la práctica guiada

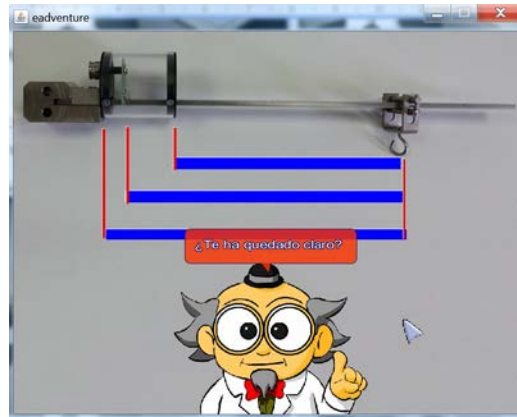
Si el alumno selecciona la opción 1, es decir que quiere hacer primero la práctica guiada, el profesor le explica, paso a paso, los diferentes elementos que se van a utilizar en la práctica, como se muestra en la Figura 5.15.



**Figura 5.15** Escena: profesor virtual explicando la práctica

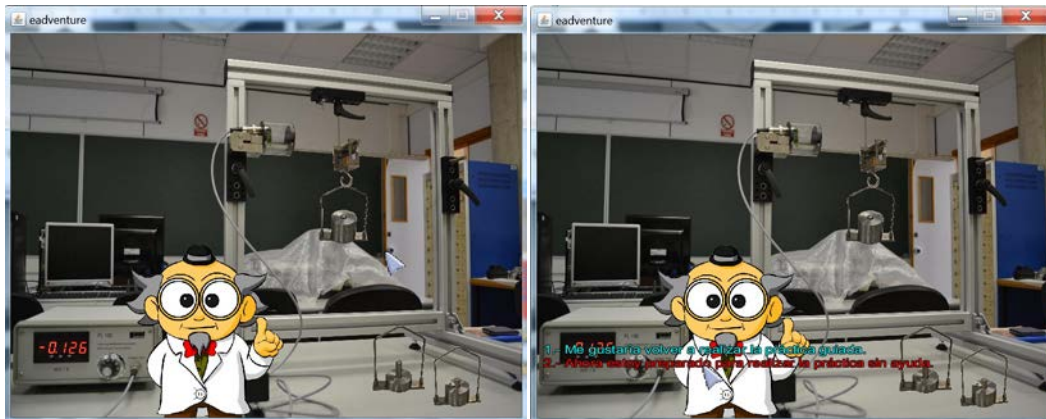
A la hora de desarrollar el videojuego, además de la explicación de cómo se debe realizar la práctica, se hizo hincapié en aquellos conceptos detectados como más costosos de asimilar. Por ejemplo, los alumnos no sabían desde dónde debían tomar medir para colocar la carga a la distancia requerida según los datos de la práctica. La tensión interna de cada punto de la viga varía en función de la distancia a la que se coloque la carga y, teniendo en cuenta que el amplificador mide donde están pegadas las galgas, la distancia desde medirse desde ese punto. Por tanto, si no se asimila bien ese concepto, el resultado de la práctica no será correcto. En la Figura 5.16 se muestra la pantalla en la que el profesor explica al alumno la importancia de medir la distancia desde la posición de las galgas extensométricas.





**Figura 5.16** Escena: profesor virtual explicando la posición de las galgas

Una vez finalizada la práctica guiada, el alumno puede escoger entre volver a realizarla de manera guiada o pasar a realizarla por sí sólo, es decir, de manera evaluable, como se muestra en la Figura 5.17.



**Figura 5.17** Escena: fin de la práctica guiada

Cuando el alumno comienza la práctica sin guía, lo primero que debe hacer es elegir los elementos necesarios para realizarla y el profesor virtual, aleatoriamente, indicará los datos con los que el alumno la debe realizar: la distancia a la que debe estar el gancho para colocar la carga y el valor de la misma, Figura 5.18.

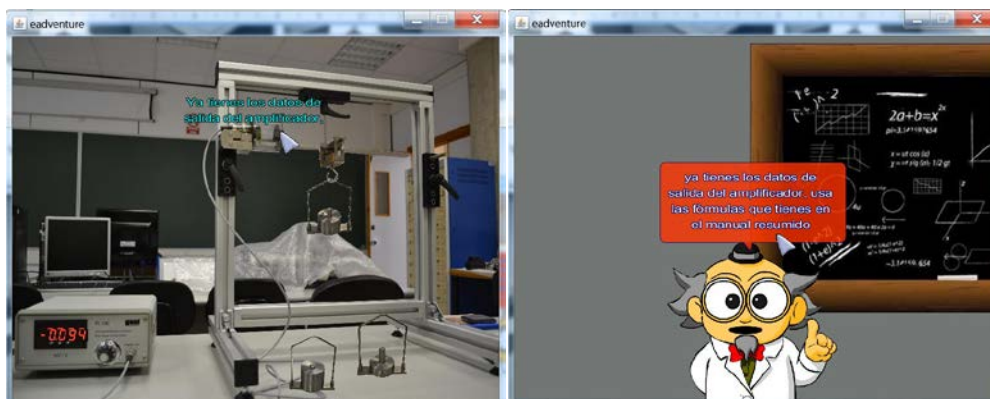


**Figura 5.18** Escena: inicio de la práctica sin guiar

En la Figura 5.18 se muestra la escena en la que el alumno ha debido seleccionar los elementos necesarios para la práctica y el profesor virtual le proporciona los datos con los que debe realizarla. Esos elementos seleccionados se pueden ver colocando el ratón en la parte superior del videojuego, debiendo seleccionar en cada momento el que vaya necesitando.

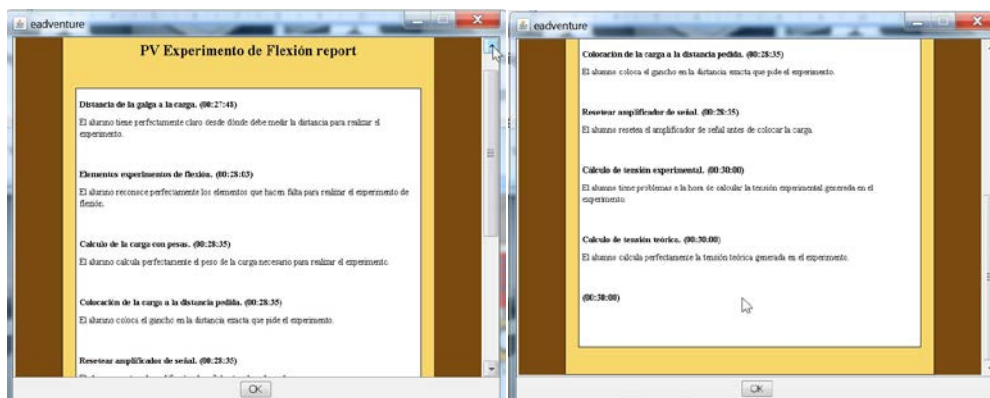
Aunque en esta segunda fase el personaje del videojuego que hace las veces de “profesor virtual” no va indicando al alumno lo que debe hacer, sí le avisa cuándo algo de lo que quiere hacer no es correcto, como se muestra en el diagrama de flujo del desarrollo del videojuego en la Figura 5.3.

Cuando el alumno finaliza la práctica virtual, debe tomar nota de los datos que le proporciona el amplificador, para poder realizar los cálculos necesarios y el informe final, utilizando las fórmulas proporcionadas en el manual, como se muestra en la Figura 5.19.



**Figura 5.19** Escena: fin de la práctica sin guiar

Por último, el alumno puede ver su informe final, en que se indican los pasos que ha sabido realizar correctamente y cuáles no. Además, este informe indica el tiempo que el alumno ha tardado en realizar la práctica. Un ejemplo de este informe se muestra en la Figura 5.20.



**Figura 5.20** Informe final de la práctica

### 5.2.8. Dividir a los alumnos en subgrupos de prácticas

Para las prácticas en cuestión, se disponía de 2 puestos de trabajo (los otros puestos de trabajo son de otras prácticas). En el curso 2013/2014 había 66 alumnos matriculados, 3 grupos de prácticas y sesiones de prácticas de 2 horas, por lo que se tuvo que dividir a los alumnos en grupos de 3. Para realizar estos subgrupos de prácticas, se habilitó una consulta a través del Campus Virtual, de forma que los alumnos pudieron escoger, dentro del grupo de prácticas que le correspondía, el subgrupo en la que preferían realizar la toma de datos de la práctica, con una diferencia de 30 minutos de uno a otro.

El número de alumnos idóneo por puesto de trabajo lo debe establecer el profesor, analizando cada práctica, ya que no todas son iguales. Para el caso de estudio 2 ó 3 alumnos es el óptimo y será el mismo para las dos prácticas (pues ambas se realizan en el mismo puesto de trabajo). En la Figura 5.21 se muestran dos subgrupos de trabajo de dos alumnos realizando la práctica. Los alumnos pueden trabajar cómodamente sin estorbarse.



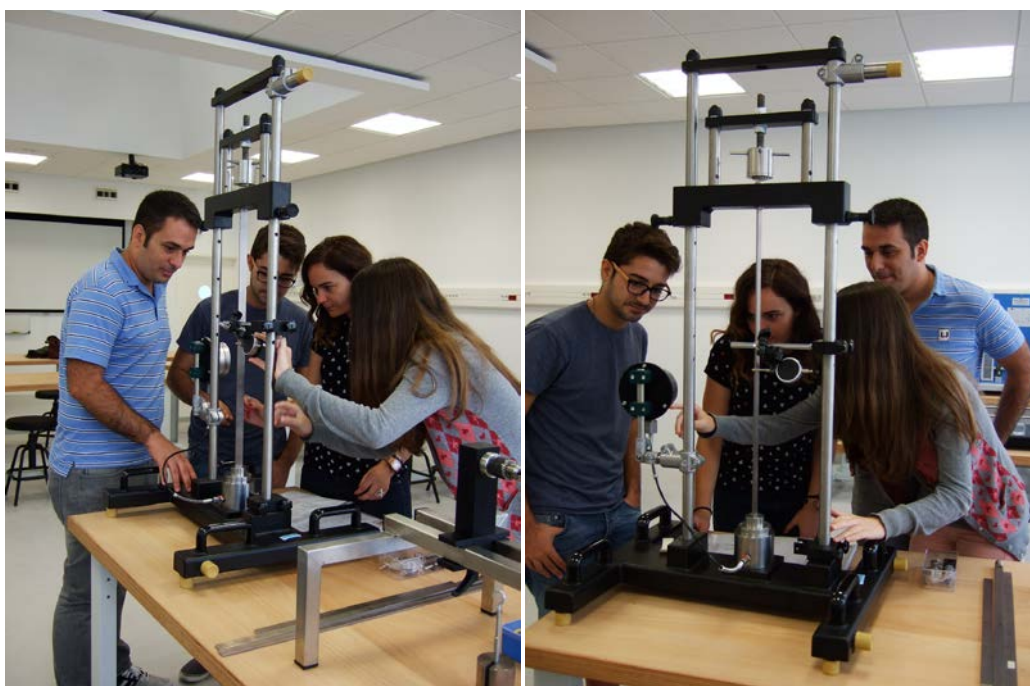
**Figura 5.21** Realizando práctica de Flexión: 2 alumnos/puesto de trabajo

Si en cada puesto de trabajo se ponen más de tres alumnos, (Figura 5.22 y Figura 5.23), éstos no pueden trabajar con comodidad, estando “amontonados” y la práctica la realizará uno estando los demás de espectadores.





**Figura 5.22** Realizando práctica de Flexión: 4 alumnos/puesto de trabajo



**Figura 5.23** Realizando práctica de Pandeo: 4 alumnos/puesto de trabajo

Como los alumnos habían realizado las dos prácticas con el videojuego, llegaron al aula con la lección aprendida y realizaron la toma de datos de las dos prácticas en una sesión de 30 minutos (el curso anterior se usó ese tiempo para una sola práctica pues, entre otras cosas, hubo que dedicar cierto tiempo a explicar cómo se realizaba cada práctica).



#### 5.2.9. Asistir a prácticas presencialmente

Llegado el día de las prácticas, cada subgrupo de prácticas acudió a su hora. Aunque en todo momento estaba el profesor en el aula para ayudarles, en esta ocasión el profesor estaba observando sin apenas intervenir. Hubo varios alumnos que no habían podido ejecutar la práctica desde su ordenador. A estos alumnos se les dejó el ordenador del aula para que ejecutaran el videojuego antes de realizar la práctica en el puesto de trabajo.

#### 5.2.10. Elaborar el informe de la práctica

Una vez realizada la toma de datos de la práctica presencial, los alumnos pasaban a otra parte del aula de prácticas, dejando libre el puesto de trabajo para otros compañeros. En la Figura 5.24 se muestra un grupo de alumnos realizando el informe de la práctica en las mesas preparadas para ello. Realizaron los cálculos necesarios, según la guía de la práctica del ANEXO E, analizaron los resultados y entregaron el informe.



**Figura 5.24** Realizando el informe de la práctica

#### 5.2.11. Evaluación de la práctica

En el curso 2013/2014 no se tuvo en cuenta la nota que proporcionaba el videojuego, pero se les realizó un cuestionario sobre los contenidos de la práctica a través del Campus Virtual y se evaluó también el informe de prácticas entregado por cada subgrupo de trabajo.

### 5.3. Evaluación por casos de estudio

El objetivo de este apartado es analizar las experiencias realizadas con los alumnos de la materia Resistencia de Materiales, para poder confirmar si se resuelve la problemática que se está produciendo en este tipo de prácticas.

Para ello se han realizado dos casos de estudio: el Caso 1 se ha realizado sin aplicar la metodología *Flip-GET*, pero dividiendo a los alumnos en subgrupos de prácticas, y servirá para analizar si son sostenibles y/o eficaces las prácticas tal y como que se están aplicando actualmente en los estudios de ingeniería seleccionados, O1; el Caso 2 ha sido para comprobar si el desarrollo de la metodología *Flip-GET*, mejora la eficacia de las prácticas presenciales (O2).

En cada caso de estudio elaborado se muestran y analizan los resultados obtenidos en las prácticas de la materia Resistencia de Materiales.

Para analizar que la muestra de individuos seleccionados no presenta sesgo, se han utilizado dos variables conocidas: se ha diferenciado a los alumnos por sexo y se han diferenciado los alumnos que realizaban las prácticas por primera vez del resto. Puede haber otras variables, no identificadas, a la hora de analizar la muestra, pero su descubrimiento no forma parte de esta investigación, por lo que se ha dejado fuera del alcance de este trabajo.

El motivo de diferenciar a los alumnos por género es debido a la diferencia de representación en la población en los casos de estudio analizados: en el Caso 1, el porcentaje de alumnos del género femenino era muy inferior al género masculino (se aplicó la asignatura ERMI, del GITI); mientras que en el Caso 2 ese porcentaje estaba más equilibrado (se aplicó en la asignatura de RM, del GIDlyDP, titulación cuyo porcentaje entre ambos géneros está más equilibrado).

Es importante tener en cuenta que, en los casos de estudio que se van a ver a continuación, la metodología era nueva para los alumnos. Normalmente, a los alumnos que un curso anterior no han aprobado una asignatura pero sí han aprobado las prácticas, se les da la opción de que no vuelvan a realizarlas, es decir, se les convalidaban. Para estos casos de estudio, se optó por no convalidarlas debido a que, para que pudieran estar más cerca al puesto de trabajo, se iba a dividir a los alumnos en subgrupos y así pudieran realizarla entre todos. Dado que el cuestionario lo debían responder todos los alumnos que realizaran la práctica, a la hora de analizar los datos se ha diferenciado a los alumnos que realizaban la práctica por primera vez de los que ya la habían realizado el curso anterior, para comparar los resultados y poder comprobar si los alumnos que realizan la práctica por segunda vez obtienen mejor resultado.

5.3.1. Caso 1 – sin Flip-GET

Este caso de estudio se realizó con los alumnos de la asignatura ERMI del GITI, en el curso 2012/2013. Como se explica con más detalle en el apartado 5.1, cada grupo de prácticas se dividió a los alumnos en 3 subgrupos, con el principal objetivo de que todos los alumnos pudieran realizar la práctica.

En este curso académico, tras realizar los alumnos la práctica, se les hizo un cuestionario individual de conceptos sobre los contenidos de las prácticas a través del aula virtual. El cuestionario estaba formado por 5 preguntas aleatorias (por lo que no todos los alumnos tenían las mismas preguntas en el cuestionario). En dicha asignatura había 218 alumnos matriculados, de los cuales 188 realizaron el cuestionario, obteniendo una nota media de 6.8 sobre 10.

Si se analiza la nota obtenida por los alumnos diferenciándola por el sexo (véase Tabla 5.2), se comprueba que no hay información relevante al respecto, pues la nota media es muy similar. Hay que decir que de los 188 alumnos que realizaron la encuesta, tan sólo 27 eran del género Femenino, lo que equivale a un 14% del total de los alumnos.

**Tabla 5.2** Resultados del Cuestionario por Género – Curso 2012/2013

Género	Nº alumnos			Datos estadísticos	
	Apto	No Apto	Total alumnos	Nota Media	Desviación Típica
Masculino	131	30	161	6,76	1,9358
Femenino	22	5	27	6,74	2,0864
<b>TOTAL</b>	<b>153</b>	<b>35</b>	<b>188</b>	<b>6,76</b>	<b>1,95</b>

En la Tabla 5.3, se puede ver que la nota media de los alumnos que realizaron la práctica por primera vez (denominados “Nuevos”) fue de 6.8 sobre 10, mientras que la nota de los que habían realizado la práctica en cursos anteriores (“Repetidores”), fue de 6.7 sobre 10. Comparando estos datos, no se aprecia diferencia entre la nota media de ambos tipos de alumnos.

**Tabla 5.3** Notas Cuestionario / Tipología alumnos – Curso 2012/2013

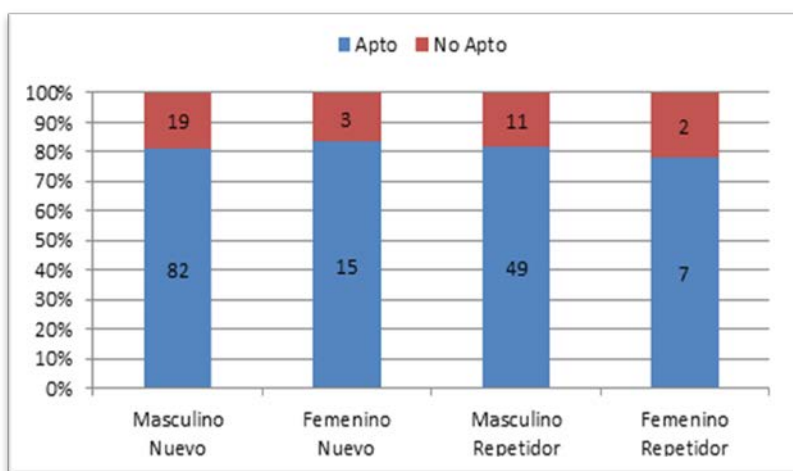
Tipología de alumnos	Nº alumnos			Datos estadísticos	
	Apto	No Apto	Total alumnos	Nota Media	Desviación Típica
Nuevos	97	22	119	6,77	2,1171
Repetidores	56	13	69	6,72	1,6439
<b>Nota Media</b>	<b>153</b>	<b>35</b>	<b>188</b>	<b>6,76</b>	<b>1,9523</b>

En la Tabla 5.4 se clasifican las notas del cuestionario por Apto/No Apto, género y si han realizado la práctica por primera vez.

**Tabla 5.4** Número Apto/No Apto del Cuestionario – Curso 2012/2013

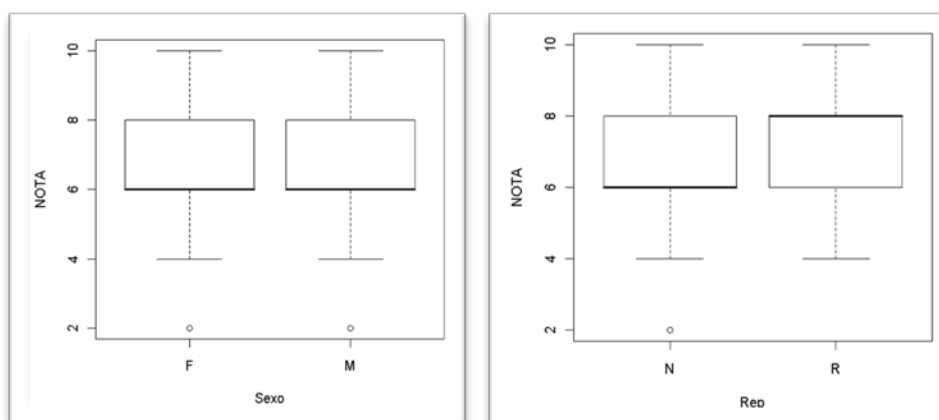
Tipología de alumnos Género	Nuevos		Repetidores		TOTAL
	Apto	No Apto	Apto	No Apto	
Masculino	82	19	49	11	161
Femenino	15	3	7	2	27
<b>TOTAL</b>	<b>97</b>	<b>22</b>	<b>56</b>	<b>13</b>	<b>188</b>

Pasando esos datos a porcentajes, como se puede ver en la Figura 5.25, se aprecia similitud en el porcentaje de alumnos que han aprobado el cuestionario, tanto si se diferencia por género como si se diferencia por tipología.



**Figura 5.25** Porcentaje Apto/No Apto del Cuestionario – Curso 2012/2013

En el Diagrama de Caja que se muestra en la Figura 5.26, se comprueba que al diferenciar las notas por género o por tipología, tanto la media como la dispersión, son similares.



**Figura 5.26** Diagrama de Caja/Nota Cuestionario – Curso 2012/2013

Teniendo en cuenta que los alumnos denominados “Repetidores” habían realizado las prácticas el curso anterior (aunque con otra metodología, explicada por un compañero y los demás de espectadores), podría suponerse que su nota media debería ser superior a la nota media de los alumnos que realizaron la práctica por primera vez. Ahora bien, si se hace un contraste de hipótesis analizando la hipótesis de que la nota media de los alumnos que habían realizado las prácticas el curso anterior es superior a la de los alumnos que realizan las prácticas por primera vez, con un nivel de confianza del 95%, da un valor para  $p\text{-value} = 0.5693$ , en un intervalo de confianza  $(-\text{Inf}, +0.5068836)$ , lo cual indica que (al quedar fuera del intervalo de confianza), no hay evidencias de que la nota media de los alumnos que habían realizado las prácticas el curso anterior sea superior a la de los nuevos. Tras este análisis, se puede pensar que los alumnos que realizaron las prácticas el curso anterior no las comprendieron bien, pues no han sacado mejor nota que los alumnos que realizaban la práctica por primera vez y, por tanto, hay evidencias de que dividir a los alumnos en grupos reducidos hace que las prácticas sean más eficaces.

Con respecto a los tiempos en los que se realizó la práctica, se dedicaron 90 minutos a cada sesión, para las 4 prácticas, lo que totalizó 6 horas de práctica para la asignatura. Para cada sesión de 90 minutos, el profesor tuvo que explicar la práctica 3 veces, a los 8 grupos de prácticas, lo que hizo que tuviera que repetir lo mismo hasta un total de 24 veces, para cada una de las 4 prácticas, estando explicando la práctica los 90 minutos que dura. Por este motivo se considera que, si se quiere impartir las prácticas en grupos reducidos para que los alumnos puedan adquirir mejor las habilidades que se buscan con cada práctica, no es sostenible para el profesorado. Además, mientras el profesor explica la práctica a un grupo, no puede atender de manera adecuada a los grupos que se encuentran elaborando el informe, a menos que disponga de más recursos docentes (tutores o profesores ayudantes).

### 5.3.2. Caso 2 – con *Flip-GET*

Tras la experiencia del curso anterior, para evitar tener que explicar tantas veces lo mismo, en el curso 2013/2014 se decidió optar por usar la metodología *Flipped Classroom*. Dado el carácter experimental de las prácticas, en lugar de usar los vídeos para que los alumnos aprendieran a realizar la práctica, se optó por hacer un videojuego para que el alumno aprendiera por anticipado lo que tendría que hacer en el aula de prácticas. Es cuando surgió la metodología *Flip-GET*, detallada en el apartado 4.4, implementándose en la asignatura RM del GIDlyDP.

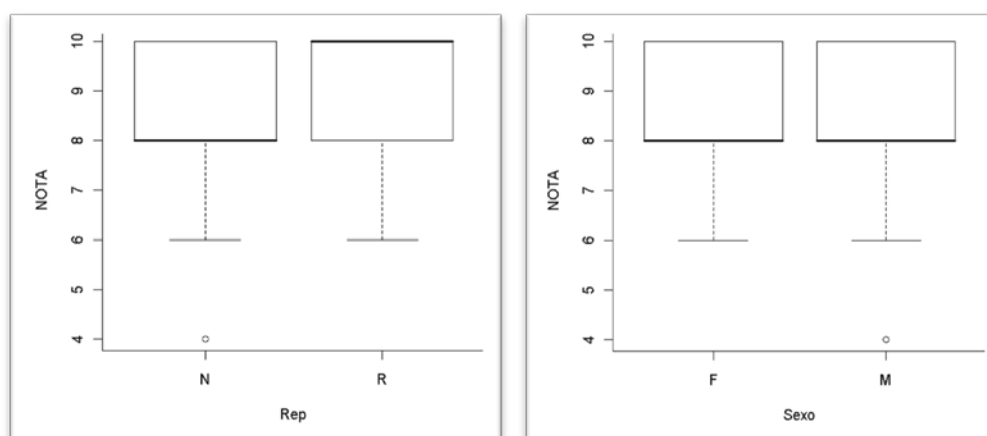
Como datos relevantes para este curso académico hay que tener en cuenta varias cosas con respecto a los alumnos de segunda matrícula: el Caso 1 se realizó con alumnos de otra titulación, por lo que no formaron parte de esta experiencia; el curso anterior realizaron la práctica con una ratio de 6 alumnos por puesto de trabajo (véase Tabla D.3), situación similar a la los alumnos de segunda matrícula del Caso 1; tampoco se les convalidaron las prácticas de laboratorio, por la novedad de la metodología. Aún así, se ha realizado el análisis de datos diferenciándolos de los alumnos de primera matrícula.

En la Tabla 5.5 se muestran los resultados del cuestionario que se pasó a los alumnos sobre el contenido de las prácticas. Hay que decir que el cuestionario se realizó desde el Aula Virtual, sin ninguna garantía de que los alumnos lo hicieran sin copiar y/o consultar unos con otros. Además, este cuestionario se puso como voluntario, no formaría parte de la nota final (dado el carácter experimental de la metodología), por lo que sólo lo respondieron 31 alumnos de los 66 matriculados, motivo por el que no se ha comparado este resultado con el del Caso 1, pues los datos no serían concluyentes.

**Tabla 5.5** Nota Media/Desviación Típica del Cuestionario – Curso 2013/2014

Tipología de alumnos Género	Nota Media			Desviación Típica
	Nuevos	Repetidores	TOTAL	
Masculino	8,0	9,5	8,3	1,7967
Femenino	8,7	8,0	8,5	1,5076
<b>TOTAL</b>	<b>8,2</b>	<b>8,9</b>	<b>8,4</b>	<b>1,6669</b>

En la Figura 5.27, se muestra un diagrama de caja con la nota media y se comprueba que, al diferenciar las notas por género o por tipología, tanto la media como la dispersión, siguen siendo similares.



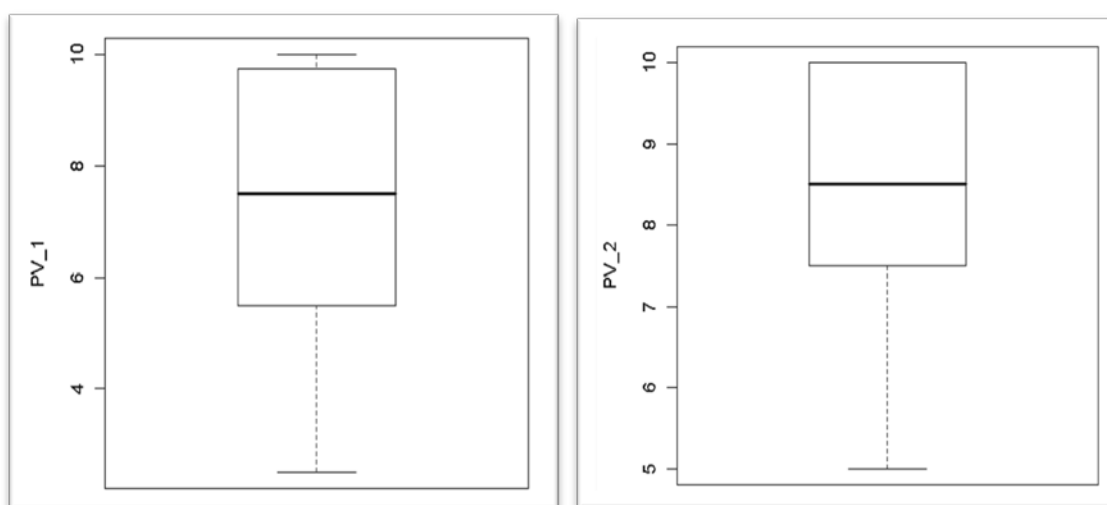
**Figura 5.27** Diagrama de Caja – Nota Cuestionario – Curso 2013/2014

El resultado de la realización de las prácticas a través del videojuego, llamadas Práctica Virtual 1 (PV\_1) y Práctica Virtual 2 (PV\_2), se muestra en la Tabla 5.6. Se observa que no hay diferencia significativa entre las tipologías de alumnos, ni si se diferencia a los alumnos por género. Sin embargo, sí se observa que la nota media de la PV\_2 es superior a la de la PV\_1. Esto puede deberse a que el alumno ya se ha familiarizado con la metodología, ejecutando el videojuego con mayor seguridad y prestando más atención a lo que se va explicando en el mismo.

**Tabla 5.6** Nota Media/Desviación Típica de PV\_1 y 2 – Curso 2013/2014

Tipología de alumnos	Nota Media						Desviación Típica	
	Nuevos		Repetidores		TOTAL		PV_1	PV_2
	PV_1	PV_2	PV_1	PV_2	PV_1	PV_2		
Masculino	7,2	8,7	7,9	7,9	7,4	8,5	2,5299	1,4852
Femenino	7,4	8,3	6,0	8,8	7,0	8,3	2,1032	1,4428
<b>TOTAL</b>	<b>7,3</b>	<b>8,5</b>	<b>7,1</b>	<b>8,3</b>	<b>7,2</b>	<b>8,4</b>	<b>2,3270</b>	<b>1,4450</b>

Para comprobar que la mejora en la nota de los estudiantes en la segunda práctica fue estadísticamente significativa, se ha realizado una prueba *t* para muestras emparejadas, estableciendo un nivel de confianza del 95% ( $\alpha=0.05$ ), donde el valor *p-value* = 0.006127  $\lll$  0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula de igualdad de media de la PV\_1 y PV\_2, por lo que hay evidencias de que realizar el videojuego por segunda vez ayudó a los alumnos a realizar la segunda práctica. En la Figura 5.28 se muestra el diagrama de caja de la nota obtenida por los alumnos tras la realización del a PV\_1 y la PV\_2.



**Figura 5.28** Diagrama de Caja – Nota PV\_1 y PV\_2 – Curso 2013/2014

Por último, analizando los tiempos, para la realización de las mismas prácticas que en el curso anterior, en el curso 2013/2014 se solicitó una reducción de horas de práctica de 6 a 4 horas y un incremento de los grupos de prácticas. El incremento de grupos no fue posible organizativamente, pero sí la reducción de horas de prácticas, realizando las 4 prácticas en dos sesiones de dos horas.

Gracias a que no había que estar explicando la práctica y a que los alumnos venían más preparados para lo que tenían que hacer, pudieron realizar las mismas prácticas en menos tiempo, reduciendo cada sesión de práctica de 90 a 60 minutos. Este dato se analizará con detalle en el apartado 5.5.

#### **5.4. Evaluación experimental**

En el curso 2014/2015, se optó por hacer una mezcla de la experiencia de los dos cursos anteriores, para poder comparar los resultados. Se dividió aleatoriamente a los alumnos en dos grupos (de control y experimental), de manera que el grupo de control realizó la práctica en el aula (incluido el cuestionario), sin usar la metodología *Flip-GET* (siguiendo los mismos pasos que en el curso 2012/2013). A continuación, se publicó el videojuego en el Aula Virtual, para que los alumnos del grupo experimental ejecutaran el videojuego antes de asistir al aula (estando disponible para los alumnos del grupo de control, para que también pudieran contestar a la encuesta sobre qué les había parecido la metodología).

En esta ocasión se convalidó la práctica a aquellos alumnos de segunda matrícula que el curso anterior la habían realizado (ya que la habían trabajado con la metodología, *Flip-GET*), teniendo que hacerla solo los alumnos que no la realizaron con anterioridad (o los que habiéndola realizado el curso anterior, voluntariamente, quisieran repetirla). Por este motivo, se han seleccionado los datos de los alumnos de primera matrícula y los de segunda matrícula que no realizaron la práctica el curso anterior.

De los 40 alumnos que quedan tras el filtro realizado según el criterio anterior, 20 pertenecían al grupo de control y los otros 20 al grupo experimental. En esta ocasión, tanto el grupo de control como el experimental, realizaron el cuestionario del temario presencialmente (justo al finalizar la práctica), para garantizar que cada alumno realizaba su propio cuestionario.

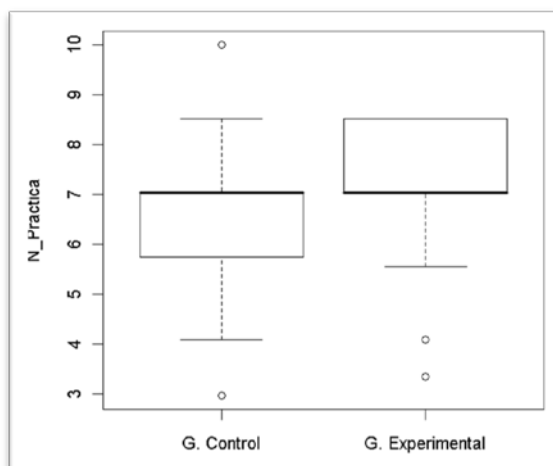
En la Tabla 5.7 se muestra la nota media y la dispersión obtenida por los alumnos diferenciándola por los dos grupos. En dicha tabla se observa cómo la nota media de los alumnos del grupo de control fue inferior que la de los del grupo experimental, mientras que la dispersión fue superior.



**Tabla 5.7** Nota Media del Cuestionario – Curso 2014/2015

Grupo	Nota Media	Desviación Típica
Control	6,63	1,5937
Experimental	7,09	1,4925
<b>TOTAL General</b>	<b>6,86</b>	<b>1,5419</b>

Para comprobar si la mejora en la nota de los estudiantes en el grupo experimental fue estadísticamente significativa, se ha realizado una prueba *t* para muestras emparejadas, estableciendo un nivel de confianza del 95% ( $\alpha=0.05$ ), donde el valor *p-value* = 0.1745, para un intervalo de confianza (-Inf,+0.3602722). Al quedar dentro del intervalo, no se puede rechazar la hipótesis nula de igualdad de media de los dos grupos. En la Figura 5.29 se muestra el diagrama de caja de la nota obtenida, diferenciándola por grupo, en la que se aprecia la existencia de datos atípicos.



**Figura 5.29** Diagrama de Caja – Nota por grupos – Curso 2014/2015

Eliminando los datos atípicos que aparecen en el diagrama de caja (los datos más extremos en el diagrama) y se vuelve a hacer la prueba *t*, estableciendo el mismo nivel de confianza, 95% ( $\alpha=0.05$ ), el valor *p-value* = 0.05638 y el intervalo de confianza es (-Inf,+0.024876). Ahora sí se puede rechazar la hipótesis nula, al estar el *p-value* fuera del intervalo de confianza, y considerar que la nota media del grupo de experimental sí es superior a la nota media del grupo de control.

Además, si en lugar de utilizar la nota media, se diferencia entre Apto/No Apto, resulta que hay 3 No Aptos entre los alumnos del grupo de control (los que realizaron la práctica de manera presencial antes de ejecutar el videojuego), y 2 en el grupo experimental, como se muestra en la Tabla 5.8, siendo además estos datos los descartados en el diagrama de caja de la Figura 5.29.

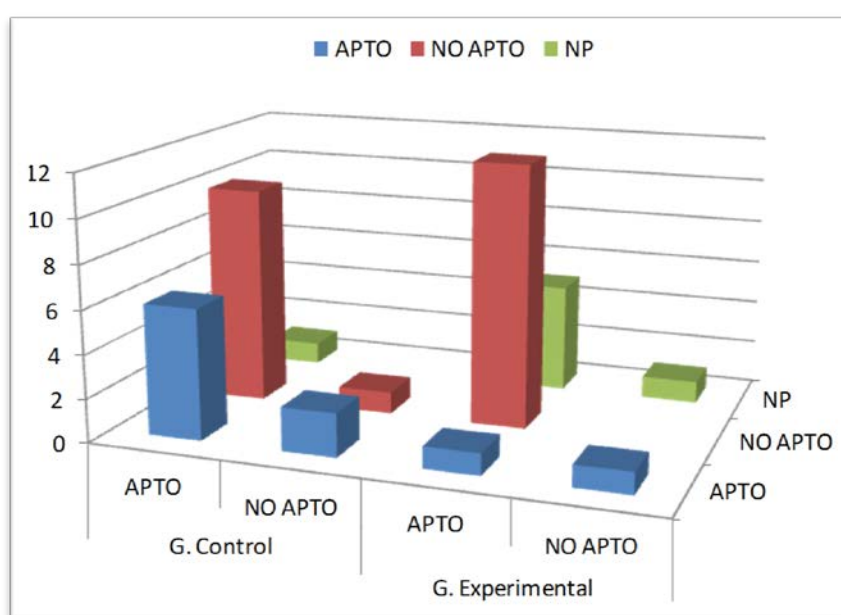
**Tabla 5.8** N° Apto/No Apto del Cuestionario – Curso 2014/2015

Grupo	APTO	No APTO	TOTAL
Control	17	3	20
Experimental	18	2	20
<b>TOTAL General</b>	<b>35</b>	<b>5</b>	<b>40</b>

Por último, para comprobar si la obtención de una nota media superior en el cuestionario del grupo experimental se debe a que está formado por los que han sacado mejor nota en la asignatura, se han comparado los resultados del cuestionario de las prácticas con las notas de los alumnos en la asignatura. En la Tabla 5.9 se muestran estos datos y se representan en la Figura 5.30. Se observa que el número de alumnos Aptos en la asignatura se concentran en el grupo de control; a su vez, en el grupo experimental se observa que casi todos los alumnos han aprobado el cuestionario, no teniendo aprobada la asignatura.

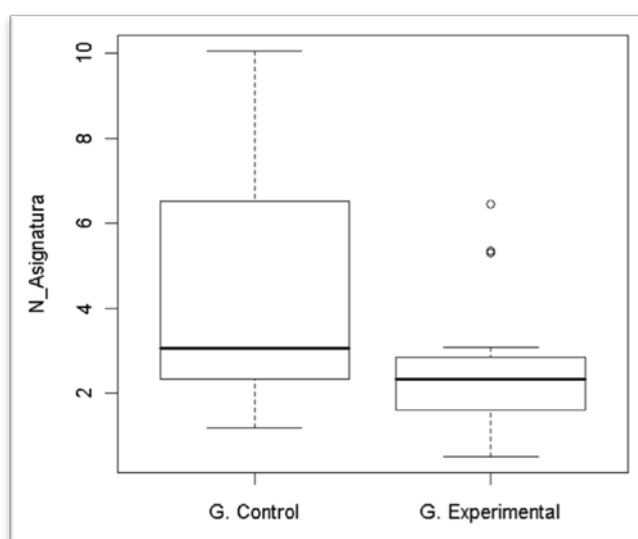
**Tabla 5.9** N° Apto/No Apto del Cuestionario/Asignatura – Curso 2014/2015

Cuestionario	Control		Experimental		TOTAL
	APTO	No APTO	APTO	No APTO	
Apto	6	2	1	1	10
No Apto	10	1	12	-	23
No Presentado	1	-	5	1	7
<b>TOTAL General</b>	<b>17</b>	<b>3</b>	<b>18</b>	<b>2</b>	<b>40</b>



**Figura 5.30** N° Aptos Cuestionario/Asignatura – Curso 2014/2015

Por este motivo, se puede decir que hay evidencias de que los alumnos que han realizado la práctica en el grupo experimental (con la metodología *Flip-GET*), han sacado un buen resultado en el cuestionario de la práctica, incluso aquellos que no se presentaron al examen final de la asignatura. Además, observando el diagrama de caja de la Figura 5.31, se comprueba que la nota media del examen final de la asignatura para los alumnos del grupo de control es superior a la de los alumnos del grupo experimental, por lo que no se puede deducir que la mejora en la nota del cuestionario del grupo experimental sea debido a que los alumnos de dicho grupo sean los que mejor nota han sacado en la asignatura (H5).



**Figura 5.31** Diagrama de Caja Nota Grupos/Asignatura–Curso 2014/2015

**Tabla 5.10** Recopilación de hipótesis/conclusiones de los casos de estudio

Caso de estudio	Hipótesis	Conclusión
Caso 1	H1	Las prácticas actuales no parecen sostenibles para el profesorado que las imparte
	H2	Se pueden hacer las prácticas de manera que sean más eficaces para el alumnado, haciendo grupos reducidos.
Caso 2	H3	Hay evidencias de que la metodología <i>Flip-GET</i> ayuda a mejorar la eficacia de las prácticas.
Experimental	H4	No se ha comprobado la motivación de los alumnos.
	H5	Hay evidencias de que mejora la adquisición de competencias al aplicar la metodología.

### 5.5. Análisis de tiempos para la metodología *Flip-GET*

En el curso 2013/2014, al introducir la metodología *Flip-GET* (apartado 5.3.2), la realización de las prácticas pasó de 6 horas (4 sesiones de 90 minutos) a 4 horas (2 sesiones de 120 minutos). Es decir, para realizar las mismas prácticas se redujo el tiempo de los alumnos en el aula de prácticas un 33%. A pesar de la reducción de tiempo a la hora de realizar las prácticas, resultaron satisfactorias las diferentes evaluaciones que se realizaron con la metodología, tanto los resultados del cuestionario de prácticas, como el resultado de la evaluación de las prácticas.

En la Tabla 5.11 se recopilan los siguientes datos de los diferentes cursos 2012/2013 – 2013/2014 – 2014/2015:

- Nota media del cuestionario de conocimientos.
- Ratio de alumnos por puesto de trabajo.
- Tiempo que se dedicó en el aula a una de las prácticas (hay que recordar que de las 4 prácticas que actualmente tiene la asignatura, sólo se ha realizado esta experiencia con 2).
- Nº de veces que el profesor tuvo que repetir la explicación de la práctica a los diferentes subgrupos de prácticas, para un grupo establecido oficialmente por la institución.

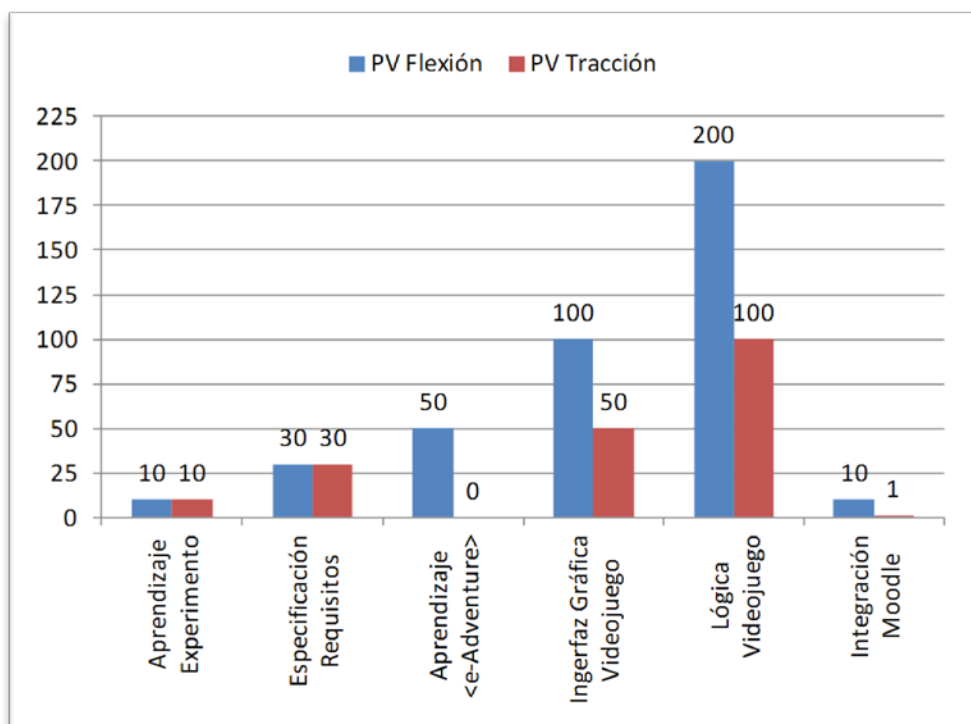
Para el caso en el que no se había implementado la metodología *Flip-GET*, se observa que la nota media es similar. No se puede comparar la nota media del curso 2013/2014 con la metodología *Flip-GET* con los alumnos que habían realizado la práctica con la misma metodología en el curso 2014/2015, pues en el curso 2013/2014 respondieron muy pocos alumnos al cuestionario, no pudiendo considerarse la muestra representativa (probablemente sólo respondieron los alumnos que mejor llevaban la asignatura), aunque la nota es bastante buena. Ahora bien, si se compara la nota entre los alumnos del curso 2014/2015, sí existe una mejoría en la nota, por lo que parece que la metodología *Flip-GET* puede ayudar a mejorar la eficacia, pues se pueden desarrollar en menos tiempo y con mejores resultados para el alumnado.

**Tabla 5.11** Recopilación datos cursos 2012/2013 – 2013/2014 – 2014/2015

Curso Metodología	2012/2013				2013/2014				2014/2015			
	Nota	Ratio	Tiempo (minutos)	Nº (Rep)	Nota	Ratio	Tiempo (minutos)	Nº (Rep)	Nota	Ratio	Tiempo (minutos)	Nº (Rep)
Sin <i>Flip-GET</i>	6,8	4-5	90	3	-	-	-	-	6,6	4-5	90	3
Con <i>Flip-GET</i>	-	-	-	-	8,4	3	4	-	7,1	2	30	-

En la Tabla D.3 se muestra el número total de grupos de prácticas para todos los cursos académicos. Se puede ver que para el curso 2014/2015 hubo un total de 19 grupos de prácticas, con 4 tipos diferentes de prácticas y para todas las asignaturas con la misma materia. Si se realizaran las prácticas sin la metodología pero dividiendo a los alumnos en subgrupos, el profesorado tendría que repetir la práctica un total de 57 veces cada práctica, por lo que se entiende que, el hecho de no tener que explicar tantas veces lo mismo, es una mejora para el profesorado.

En la Figura 5.32 se muestra un desglose de las horas empleadas para desarrollar el videojuego (en el curso 2013/2014), para las dos prácticas virtualizadas. Se comprueba que para la primera práctica (PV Flexión), hubo que dedicar un tiempo a aprender utilizar la plataforma <e-Adventure>. Este tiempo será necesario sólo si el desarrollador del videojuego no conoce la plataforma con la que se va a trabajar. También se comprueba que, tanto para la interfaz gráfica como para la lógica del videojuego, el tiempo empleado fue la mitad para la segunda práctica que en la primera. Para el curso 2014/2015, lo único que se tuvo que hacer es integrar el videojuego en la plataforma Moodle, lo que apenas llevó 15 minutos.



**Figura 5.32** Relación Horas/Actividades de desarrollo del videojuego

Teniendo en cuenta estos datos, el tiempo total empleado para la primera práctica fue de 400 horas, mientras que para la segunda fue de 191 horas. Esta diferencia de tiempo es debida a que en la segunda práctica ya se conocía la plataforma con la que se desarrolló el videojuego. En el caso de que el desarrollador del videojuego sea

el profesor y además ya conozca la plataforma, el tiempo total empleado sería aproximadamente de 150 horas. Esto se debe a que no tiene que emplear tiempo en aprender el experimento ni los requisitos del mismo (para un experimento nuevo, independientemente de la metodología, deberá invertir ese tiempo).

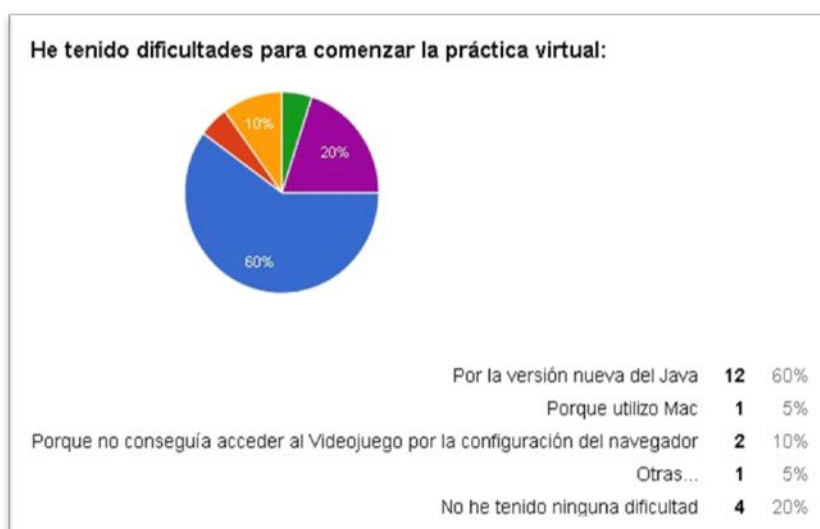
Analizando el tiempo reducido con la metodología *Flip-GET* (1 hora por práctica), en caso de implementarla en todas las asignaturas que tienen las mismas prácticas, para 19 grupos, supondría un ahorro de 19 horas/práctica cada curso académico (otra opción podría ser no reducir el número de horas totales de las prácticas, incluyendo nuevas prácticas). Dividiendo el tiempo empleado en desarrollar el videojuego entre el tiempo ahorrado por la institución, si se reduce la duración de la práctica en todas las asignaturas con prácticas similares, en menos de 8 cursos académicos se amortizaría el desarrollo del videojuego.

### **5.6. Encuesta a los alumnos sobre la metodología *Flip-GET***

En el curso 2013/2014, se realizó una encuesta a los alumnos sobre lo que les había parecido la metodología. Esta encuesta, al no ser obligatoria, la respondieron muy pocos alumnos, por lo que se optó por entrevistar a algunos de los alumnos que también habían realizado las prácticas el curso 2012/2013, con el objeto de poder tener el punto de vista del alumnado sobre las dos metodologías. En la entrevista han comentado que, con la realización de la práctica virtual, han adquirido ciertas habilidades que el curso anterior habían hecho de manera automática, sin entender el motivo por el que lo hacían. En esta experiencia, cuando ejecutaban el videojuego, se sentían protagonistas y como si estuviesen en clases particulares. Les pareció muy interesante que hubiera una explicación previa y que la pudieran practicar varias veces pudiendo realizarla paso a paso con ayuda del profesor virtual. Uno de los alumnos entrevistados comentó que no iba a realizar la práctica virtual, pues ya la había hecho el curso anterior y no se sentía motivado, pero los compañeros le animaron a que la realizara, que le iba a gustar y, en la entrevista, confirmó que asistió al aula de prácticas más motivado, pues al ejecutar el videojuego comprobó que realmente el curso anterior había realizado la práctica sin entender para qué servía lo que estaba haciendo.

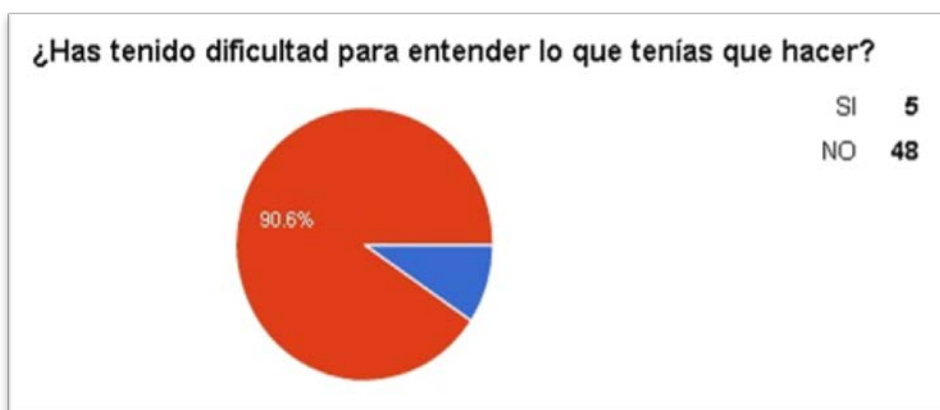
En el curso 2014/2015, se consiguió que los alumnos respondieran a la encuesta sobre la metodología, teniendo los siguientes resultados. Al preguntar si habían tenido problemas para comenzar la práctica, sólo el 20% respondió que no (véase Figura 5.33). Esto fue debido a que <e-Adventure> requiere de la máquina virtual Java y, en la misma fecha en la que los alumnos debían ejecutar el videojuego, salió una versión nueva que hizo que hubiera que cambiar la configuración del Java para poder realizar

el videojuego desde Moodle. Para solventar este problema se dio acceso al videojuego desde fuera de Moodle, pues algunos alumnos no consiguieron configurar su navegador.



**Figura 5.33** ¿Dificultades para comenzar la práctica virtual?

Cuando se preguntó a los alumnos si habían tenido dificultad en entender lo que tenían que hacer, a la hora de ejecutar el videojuego, el 90% de los alumnos respondió que no (véase Figura 5.34).



**Figura 5.34** ¿Dificultades para entender qué hacer?

De los alumnos que realizaron la práctica virtualmente antes de asistir al aula, un 42% respondió que se sentía totalmente preparado para realizar la práctica de manera presencial, un 38% bastante preparado y tan sólo un 2% indicó que se sentía poco preparado, como se muestra en la Figura 5.35. Analizando en detalle esta pregunta, sólo la deberían haber respondido la mitad de los alumnos, pues iba dirigida a aquellos que aún no hubieran realizado la práctica presencialmente (el grupo experimental). Sin embargo, la respondieron todos. Aún así, sólo un alumno respondió que se sentía poco preparado y 10 alumnos respondieron que medianamente preparados, por lo que

(suponiendo que éstos alumnos fueran del grupo experimental) el resto de alumnos, más del 50%, sí se sentían preparados para hacer la práctica presencialmente.



**Figura 5.35** ¿Preparado para realizar la práctica presencial?

Cuando se preguntó a los alumnos si les gustaría que esta metodología se implementara en otras asignaturas, el 75% respondió que sí, mientras que el 25% respondió que le resultaba indiferente, como se muestra en la Figura 5.36.

Algunas de las sugerencias de mejora propuesta por los alumnos fueron:

- Sug. 1. “Explicar algo mejor las fórmulas. Sobre todo las necesarias para el cálculo de la tensión experimental. Ya que se conoce el valor de salida, pero se desconoce el valor de entrada. Y es un parámetro necesario para aplicar de manera correcta la fórmula de la tensión experimental. El resto muy bien.”
- Sug. 2. “La practica está bastante bien, la única sugerencia, por mi parte sería, que no tuviera tantos pasos intermedios.”
- Sug. 3. “La duración de las prácticas me parece adecuada, ya que haciéndolas adquieres una idea general de lo que se hace en el laboratorio en poco tiempo. En mi caso, realicé antes las prácticas presenciales y creo que las virtuales son un buen resumen de ellas y no habría que mejorar su contenido.”



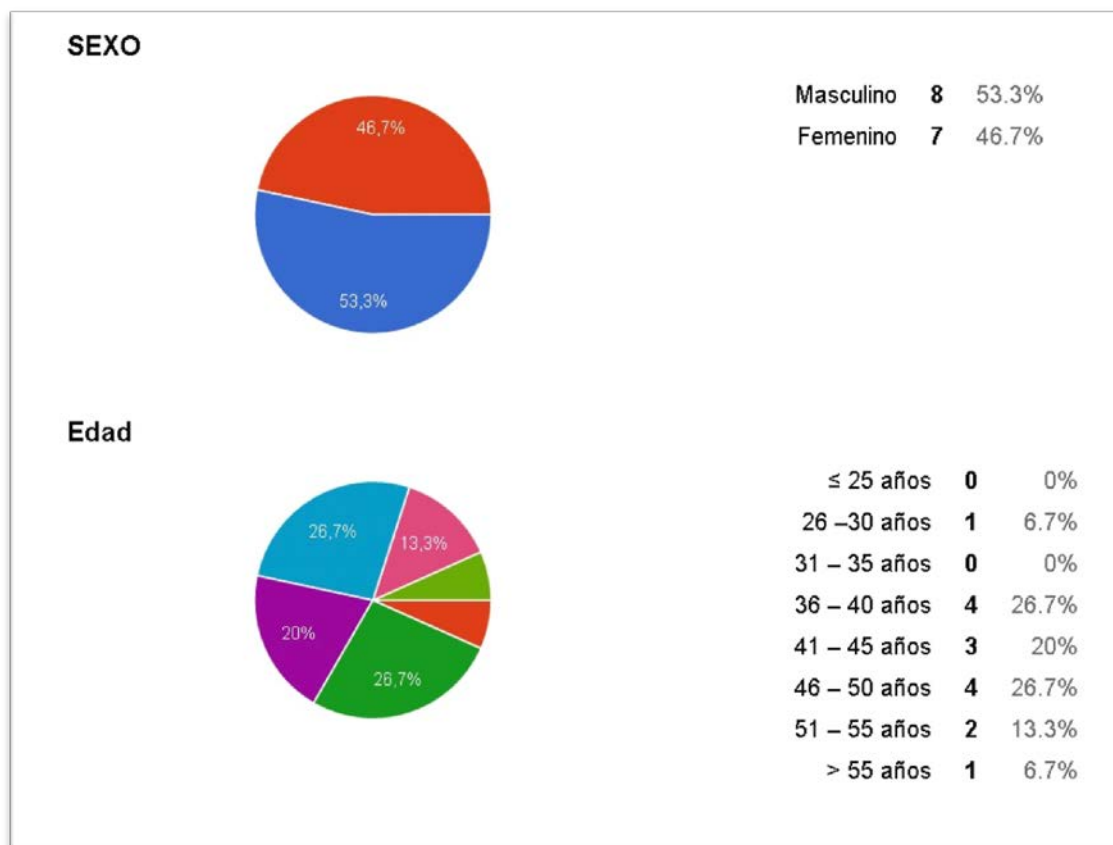
**Figura 5.36** ¿Implementar la metodología en otras asignaturas?



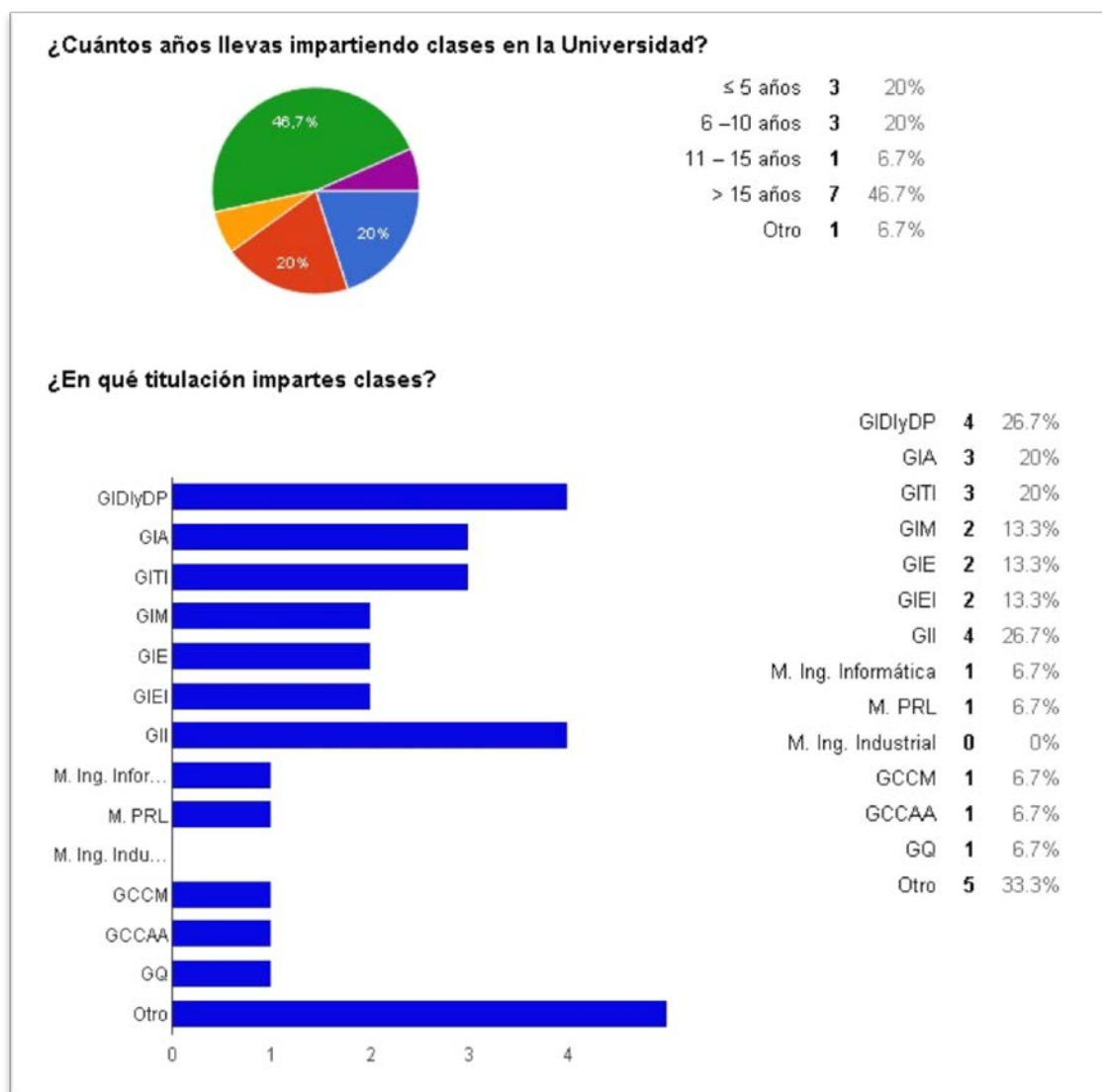
### 5.7. Seminario y encuesta a profesores sobre la metodología *Flip-GET*

Al finalizar el curso 2014/2015 se realizó un seminario para explicar la metodología *Flip-GET*, invitando a profesorado de la Escuela Superior de Ingeniería, así como a otros profesores que estuvieran interesados en conocerla. Al seminario se invitó 45 profesores aproximadamente (tanto de estudios de ingeniería como de otras disciplinas, pudiendo ellos además invitar a otros compañeros), pero sólo asistieron al seminario 15. De los profesores que no asistieron, 6 contestaron que estaban interesados pero que no podían porque tenían clases en ese horario.

En primer lugar se analiza el perfil de los asistentes al seminario. El 47% era del género femenino, y un 93% era mayor de 36 años, como se muestra en la Figura 5.37. También se ha analizado la antigüedad de los profesores asistentes, así como las titulaciones en las que imparten clases. Como se muestra en la Figura 5.38, el 47% de los asistentes lleva más de 15 años impartiendo clases en la universidad, y la mayoría imparten clases en estudios de ingeniería, pero también asistieron al seminario profesores que imparten clase en los Grados de Ciencias Ambientales (GCCAA), Grado en Ciencias del Mar (GCM), Grado en Química (GQ), Máster de Prevención de Riesgos Laborales (M.PRL) y otras titulaciones (en Grado en Turismo, Filología, Lingüística y Lenguas Aplicadas y Máster en Comunicación Internacional).



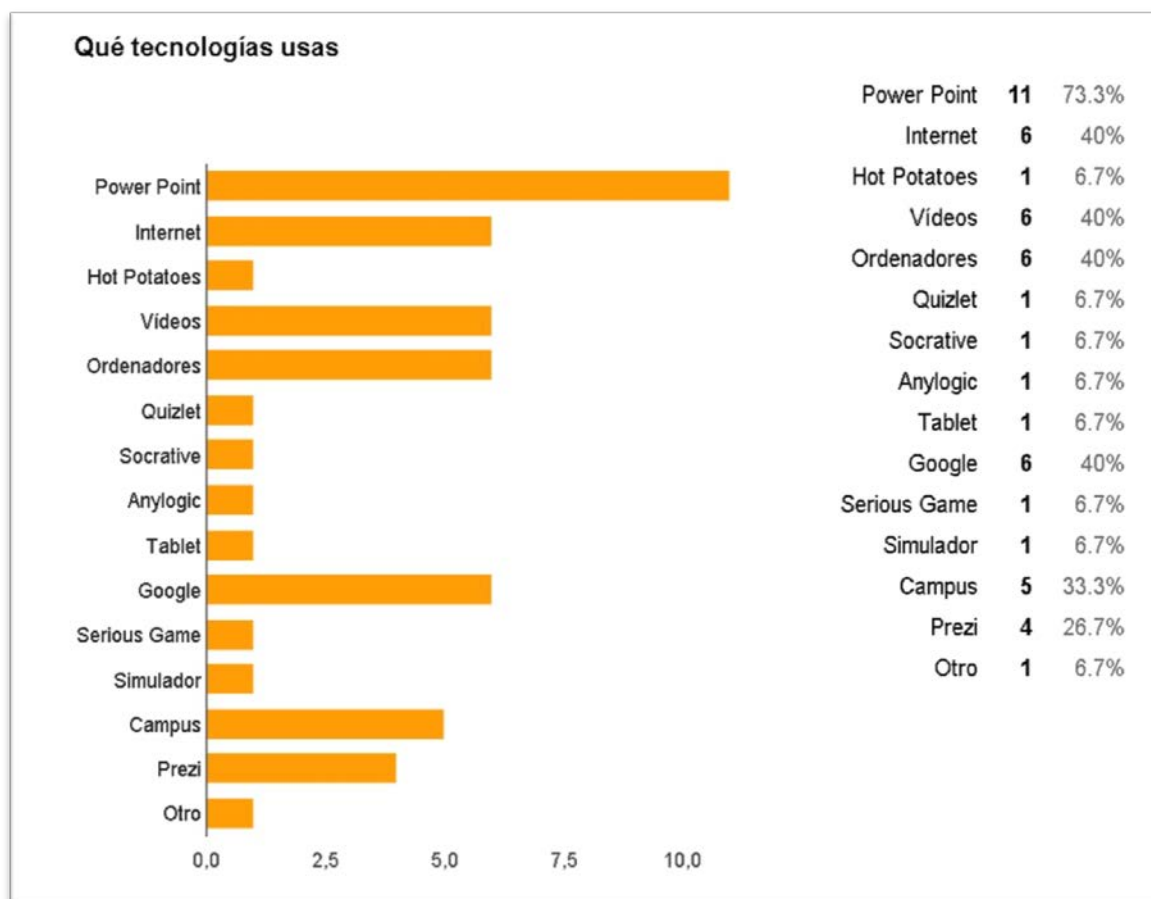
**Figura 5.37** Edad y sexo de los profesores asistentes



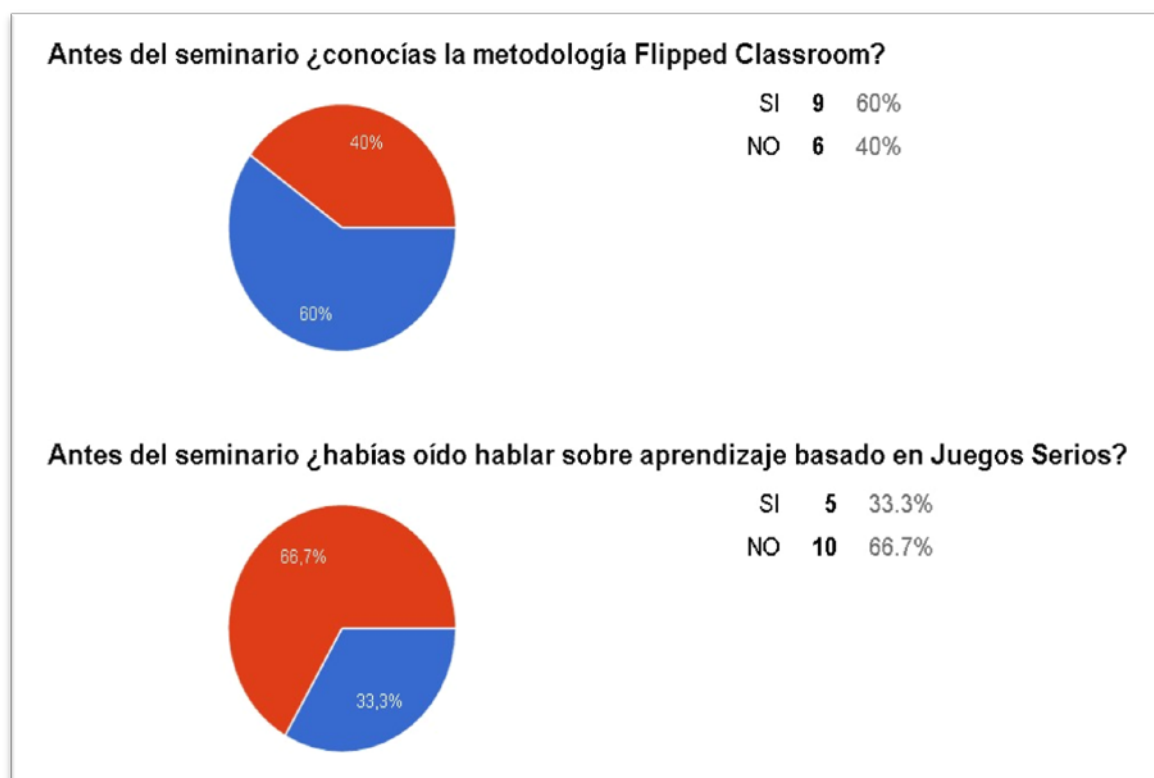
**Figura 5.38** Antigüedad y docencia de los profesores asistentes

Con respecto al uso que hacen los profesores de las tecnologías en el aula, el 100% respondió que sí las utiliza. El 73% de los profesores, utilizan las presentaciones en PowerPoint, para impartir las clases, un 40% utiliza los vídeos y son menos los que utilizan otras tecnologías como los juegos serios, socrative, hotpotatoes o simuladores, véase Figura 5.39.

Analizando estos datos, se comprueba que hay interés por parte de los profesores asistentes en hacer uso de las tecnologías, pero que pocos son los que utilizan las tecnologías que están apareciendo en los últimos años, probablemente por desconocimiento. Como se muestra en la Figura 5.40, el 60% de los profesores asistentes conocía la metodología *Flipped Classroom*, mientras que sólo un 33% había oído hablar sobre el aprendizaje basado en Juegos Serios.

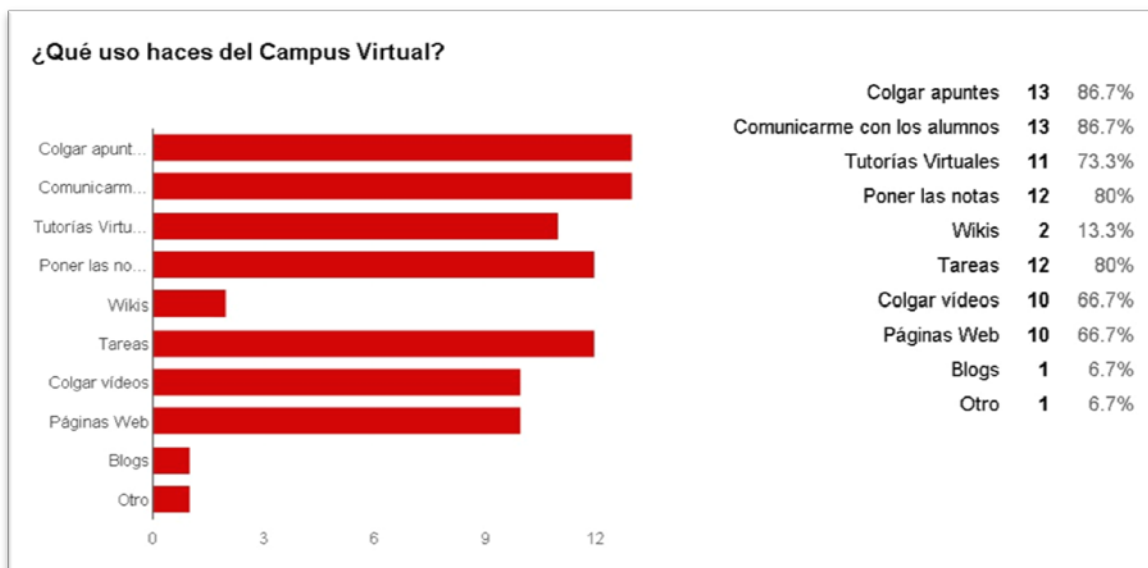


**Figura 5.39** Uso de las tecnologías de los profesores asistentes



**Figura 5.40** Conocimiento de FC y SG de los profesores asistentes

Analizando el uso que hacen del Campus Virtual, se comprueba que un 87% de los profesores asistentes al seminario lo utiliza para colgar los apuntes de la asignatura así como para comunicarse con los alumnos, un 73% lo utiliza para realizar tutorías virtuales y un 80% para poner las notas. Así mismo, un 80% lo utiliza para mandar tareas a los alumnos, un 67% para poner vídeos sobre los contenidos de la asignatura y para páginas web, como se muestra en la Figura 5.41.



**Figura 5.41** Uso del Campus Virtual de los profesores asistentes

Tras el seminario, se preguntó a los asistentes sobre lo que les había parecido la metodología, si tenían prácticas similares en sus clases y si se podría implementar la metodología en su docencia. El 100% de los asistentes afirmaron que parecía bueno usar los juegos serios en la clase invertida, para motivar a los alumnos de hoy día.

De los profesores asistentes, el 47% tenía prácticas similares a las expuestas en el seminario, véase Figura 5.42. A pesar de esto, el 80% de los profesores respondió que podría aplicar la metodología en sus clases, pareciéndoles a todos adecuado el uso de los juegos serios como complemento a los vídeos y el resto, el 20%, respondió que podría aplicarla con alguna variación para adaptarla a sus clases.

Estos resultados tan favorables pueden deberse a que la población utilizada no es una muestra representativa de los profesores de la universidad, ya que todos los profesores afirmaron utilizar las tecnologías en el aula, como se muestra en la Figura 5.39, pero no por ello hay que descartar que sea un resultado bueno, ya que aquellos profesores que sí están interesados en la introducción de las nuevas tecnologías en el aula, lo han visto interesante y estarían dispuestos a aplicar dicha metodología (o similar) en el aula.



**Figura 5.42** ¿Prácticas similares a las del seminario?

Algunas de las observaciones personales que hicieron los profesores fueron:

- Obs. 1. “Sería interesante conocer el resultado de la evaluación de los alumnos cuando se evalúa, dentro de la asignatura, que los alumnos tengan que visualizar un vídeo con el aprendizaje con videojuegos.”
- Obs. 2. “El uso de *Serious Game* es una idea interesante, no sólo para mejorar el aprendizaje y la adquisición de los conocimientos de los alumnos, sino sobre todo para ayudar a la motivación de los alumnos.”
- Obs. 3. “Realmente hasta que no vea cómo aplicarlo no sabría decir si sería muy útil o no para las clases de inglés. En mis prácticas son muy importantes las actividades para desarrollar las destrezas orales.”
- Obs. 4. “Mi asignatura es Inglés Turístico (grado en turismo - curso segundo). Me interesa aplicar esta metodología en mis clases elaborando juegos de situaciones cotidianas en el sector turístico (agencias de viajes, aeropuertos, hoteles, restaurantes, etc.). Pienso que esta metodología permitiría a los alumnos practicar el vocabulario adecuado a cada situación relevante.”

Obs. 5. “Me gustaría poder aplicar esto a la asignatura de Inglés Turístico en la que se ven muchas situaciones relacionadas con el ámbito turístico (en hoteles, restaurantes, agencias de viajes, aeropuertos, etc).”

Obs. 6. “Se puede ya que en la enseñanza de idiomas se dan multitud de situaciones comunicativas relacionadas con los grados que imparto. Seleccionaría las situaciones en las que los alumnos encuentran más dificultades además de aquellas que se van a encontrar en su vida profesional.”

Una vez los profesores respondieron al cuestionario, se realizó una mesa redonda, con una lluvia de ideas, para ver cómo se podría aplicar la metodología a las clases de Turismo, recogiendo propuestas muy interesantes para esta disciplina, resolviendo la preocupación que un profesor indicaba en el cuestionario (véase Obs. 3).

### 5.8. Contribuciones

A continuación se indican las aportaciones principales que se han realizado durante la elaboración de este trabajo de investigación:

- Se ha realizado un análisis sistemático de la literatura sobre el aprendizaje basado en juegos serios, para los estudios de ingeniería, hasta el 04/08/2015. Todos los artículos con los que se ha trabajado en este capítulo, se encuentran relacionados en Mendeley, en el grupo creado de acceso libre cuyo título es: “SLR: Analysis of Game-Based Learning in Engineering Studies”. Este trabajo está publicado en <http://hdl.handle.net/10498/17648>.
- Un artículo en la revista IE Comunicaciones, titulado “Aplicación de los Videojuegos Serios con la metodología *Flipped Classroom* para las prácticas de laboratorio”, volumen 21, páginas 13-23, ISSN-e: 1699-4574.
- Se ha desarrollado una nueva metodología para impartir las prácticas en los estudios de ingeniería, denominada Flip-Game Engineering & Technology.

# **CAPÍTULO 6**

## **Conclusiones y trabajos futuros**

En este capítulo se presentan las conclusiones derivadas del trabajo realizado (incluyendo la aplicabilidad y las amenazas a la validez), así como los posibles trabajos futuros que se pueden realizar para continuar con esta línea de investigación.





### 6.1. Conclusiones

En los capítulos anteriores se han presentado los puntos de partida de la presente tesis: uso de *Serious Game* y *Flipped Classroom* aplicado a estudios de ingeniería. A partir de ahí, se ha desarrollado la metodología denominada *Flip-Game Engineering & Technology*, se ha implementado en diferentes casos de estudio y se ha evaluado.

Para alcanzar los objetivos propuestos en el capítulo introductorio, se plantearon hipótesis tales como: si las prácticas son sostenibles para el profesorado que las imparte; si son eficaces para los alumnos; si una nueva metodología mejoraría la eficacia de las prácticas; si implementar esa nueva metodología mejora la motivación de alumnos y profesores; así como si la metodología ayuda al desarrollo de las competencias de la materia.

Para responder a dicha hipótesis, la metodología *Flip-GET* ha sido implementada en una asignatura de la Escuela Superior de Ingeniería, en segundo del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto.

De los resultados de la evaluación realizada, se considera que usar los juegos serios como complemento al aula invertida, es decir la metodología desarrollada en la presente tesis doctoral, *Flip-GET*, parece ser una propuesta eficaz para complementar los procesos tradicionales de enseñanza, ya que aporta diversas ventajas relacionadas con el desarrollo de actividades y mejora la adquisición de habilidades por parte de los alumnos.

En concreto, se puede destacar como conclusiones al trabajo realizado en esta tesis doctoral, según cada una de las hipótesis planteadas en la Tabla 3.1:

- A la vista de los resultados, no se pudo concluir si las prácticas (sin la metodología) son sostenibles para el profesorado que las imparte (H1). Sí se ha comprobado que la implementación de la metodología mejora la eficacia para el profesorado (H3), ya que no tiene que estar explicando las prácticas continuamente y, además, se realizan en menos tiempo. Este tiempo podría utilizarse para realizar más prácticas o reducir el tiempo total de las prácticas y emplearlo para la adquisición de otras competencias. Además, se ha implementado la metodología *Flip-GET* sin incrementar de manera considerable el esfuerzo por parte de la institución ni del profesorado.
- Tampoco se puede concluir si las prácticas (antes de la metodología) son eficaces para el alumnado (H2), pero sí que, tras la implementación de la metodología, mejoran la eficacia para el alumnado: se ha podido reducir el número de alumnos por grupo de trabajo y, además, las ejecutan en el aula en menos tiempo (H3).
- Dado que la metodología *Flip-GET* implica fuertemente al profesorado, se ha presentado mediante un seminario a otros profesores universitarios (asistieron profesores de estudios STEM y de estudios de idiomas). Como conclusión, hay evidencias de que implementar esta metodología motiva al profesorado (H4), ya que el 80% de los profesores que asistieron al seminario respondieron que estarían dispuestos a implementar la metodología en sus clases y el 20% lo haría con algunas variaciones para adaptarla a la materia que ellos imparten.
- Por último, los resultados revelan una tendencia positiva desde el punto de vista educativo. Los alumnos que utilizaron la metodología *Flip-GET* obtuvieron mejores resultados (H5) que los que adquirieron las mismas competencias mediante el procedimiento tradicional, por lo que se puede concluir que implementar dicha metodología ayuda a mejorar el desarrollo de las competencias de la materia.

A la vista de estos resultados, hay evidencias de que la metodología propuesta *Flip-GET*, puede resolver parte de los problemas detectados en las clases de prácticas de los estudios de ingeniería, por lo que se espera que su aplicación en las demás asignaturas con prácticas similares, a las que en este trabajo se muestran, sea una realidad.

### 6.1.1. Aplicabilidad

Las conclusiones anteriormente mencionadas se deben tener en cuenta cuando concurren situaciones similares a las expuestas en este trabajo de investigación:

- Las prácticas en las que se quiera aplicar la metodología *Flip-GET* deben ser similares a las descritas en este trabajo: que los alumnos trabajen con máquinas y/o herramientas con las que tengan que hacer una toma de datos, calcular algunos parámetros para, posteriormente, realizar un informe y/o un análisis de resultados de la práctica.
- Debe ser posible la división de los grupos de trabajo en subgrupos, para hacer rotar a los alumnos en las diferentes fases de la práctica.
- Se debe disponer de recursos para desarrollar los videojuegos de las prácticas. Estos recursos pueden ser, bien la disponibilidad por parte del profesorado en invertir parte de su tiempo para el desarrollo de los videojuegos, o que la institución estime conveniente proporcionar dichos recursos al profesorado para que puedan implementar la metodología sin que dependa completamente de su trabajo diario. En este trabajo de investigación, se han empleado recursos de la institución para el desarrollo de los videojuegos, con un proyecto de innovación docente.

No se pueden tener en cuenta dichas conclusiones, cuando:

- Los alumnos no dispongan de los dispositivos adecuados para realizar la práctica virtual fuera del aula, o la institución no les pueda ofrecer dichos recursos.
- Las prácticas no dispongan de diferentes fases (explicación de la práctica, toma de datos en el puesto de trabajo, etc.), de manera que los subgrupos de alumnos puedan ir rotando por dichas fases durante la realización de las mismas.

### 6.1.2. Amenazas a la validez

La principal amenaza a la validez es que no se tiene una muestra representativa del profesorado universitario: todos los profesores participantes en el seminario estaban interesados en introducir las nuevas metodologías en el aula. Se desconoce, por tanto, si otro perfil de profesorado estaría interesado en la implementación de dicha metodología en sus prácticas, siendo imprescindible la implicación del profesorado para implementar la metodología.

Como amenaza a la validez interna, es importante tener en cuenta que el desarrollo del videojuego debe estar bien diseñado y ser adecuado para las prácticas en las que se quiere implementar. En este caso, se ha usado una tecnología concreta para crear los videojuegos, preparada para aventuras conversacionales, pero existen otras tecnologías con las que no se ha probado, como por ejemplo tecnologías en 3D. Además, al implementar la metodología *Flip-GET* se han introducido varios cambios en la manera de realizar las prácticas, por lo que habría que implementar esos cambios, uno por uno, para ver cómo hubiera influido cada uno de ellos y comprobar el beneficio que aporta cada cambio.

En relación a las amenazas a la validez externa, la metodología se ha implementado en una titulación concreta, GIDlyDP, por lo que habría que implementar la metodología en otras titulaciones, con otras tipologías de alumnos en las aulas, e incluso en otros estudios del ámbito de STEM. Además, en este caso, se ha implementado la metodología en una materia que se imparte en casi todos los estudios de ingeniería, por lo que otra amenaza es que la amortización no será la misma para las materias que no estén tan extendidas en los estudios de ingeniería. Para solventar esta amenaza, se podría buscar colaboración con otras instituciones que impartan dicha materia y estén interesados en implementar la metodología *Flip-GET*.

## 6.2. Trabajos futuros.

Durante la realización de la presente tesis se han abordado algunos retos, los cuales han sido superados con éxito. Sin embargo, con cada uno de estos retos han ido surgiendo otros nuevos: algunos de ellos podrían dar lugar a trabajos futuros interesantes y otros podrían complementar distintos aspectos de esta tesis.

Los más importantes y que, por tanto, se podrían afrontar a corto plazo, se comentan a continuación.

- Desarrollar videojuegos de las demás prácticas de la materia Resistencia de Materiales con otras tecnologías para videojuegos (por ejemplo, tecnologías en 3D), con el objeto de allanar la influencia de la plataforma empleada y del diseño del videojuego.
- Implementar la metodología *Flip-GET* en las demás asignaturas relacionadas con esta materia, y así tener una muestra más representativa de los resultados, tanto por el número de alumnos como por la titulación que cursan. Además, al tener una muestra más amplia y diversa, se podría medir la motivación del alumnado.

- Aplicar la metodología *Flip-GET* a estudios de secundaria, de las disciplinas STEM, para aumentar la validez externa de los resultados con otros colectivos, en otro contexto y/o con otras asignaturas.
- Elaborar los videojuegos en otro idioma, con el objetivo de que los alumnos adquieran la competencia transversal idiomática y, además, poder aumentar la validez externa implementándola en universidades extranjeras.
- Desarrollar otra metodología, similar a *Flip-GET*, aplicada a las clases de problemas de los estudios de ingeniería, con el objeto de que el alumnado pueda adquirir competencias relacionadas con el aprendizaje basado en problemas (PBL).



# **ANEXO A**

## **Resultados del estado del arte**





Ref.	Title	Main Topic	Publication	Publication Year	Application	Methodology
[76]	Intelligent Performance Assessment of Students' Laboratory Work in a Virtual Electronic Laboratory Environment	Virtual Laboratory	IEEE Transactions on Learning Technologies	2013	Electrical & Electronic Eng.	b-Learning / e-Learning
[67]	Low-Cost Virtual Laboratory Workbench for Electronic Engineering	Virtual Laboratory	International Journal of Virtual and Personal Learning Environments	2010	Electrical & Electronic Eng.	b-Learning / e-Learning
[77]	Using a Serious Game Approach to Teach 'Operator Precedence' to Introductory Programming Students	Serious Game	Conference	2013	Software Engineering	GBL
[78]	It's not about seat time: Blending, flipping, and efficiency in active learning classrooms	Active Learning Classroom	Computers & Education	2014	Other	FC
[79]	Engaging Engineering Students with Gamification	Serious Game	Conference	2013	Other	GBL
[80]	Gamification of a Software Engineering course and a detailed analysis of the factors that lead to its failure	Serious Game	Conference	2013	Software Engineering	GBL
[81]	Game-like language learning in 3-D virtual environments	Virtual Reality	Computers & Education	2013	Other	GBL
[82]	Educational Quiz Board Games for Adaptive E-Learning	Serious Game	World Academy of Science, Engineering and Technology	2010	Engineering	GBL
[83]	Using game analytics to measure student engagement/retention for engineering education	Virtual Reality	Conference	2014	Engineering	GBL
[84]	Teaching software engineering project management—a novel approach for software engineering programs	Serious Game	Modern Applied Science	2011	Software Engineering	Collaborative Learning
[69]	Genuine lab experiences for students in resource constrained environments: the RealLab with integrated intelligent assessment	Virtual Laboratory	International Journal of Online Engineering / Multidisciplinary Engineering Education Magazine	2008	Electrical & Electronic Eng.	b-Learning / e-Learning
[85]	Simulation, Emulation and Remote Experiments	Virtual Laboratory	Conference	2007	Electrical & Electronic Eng.	b-Learning / e-Learning
[54]	Effectiveness of using a video game to teach a course in mechanical engineering	Serious Game	Computers & Education	2009	Mechanical Engineering	GBL
[86]	Video game-based education in mechanical engineering: A look at student engagement	Serious Game	International Journal of Engineering Education	2009	Mechanical Engineering	GBL
[87]	Exigencies for engaging undergraduates in rhetorical problem solving: insights from engineering managers and A3 report analyses	Serious Game	Conference	2012	Engineering	PBL
[88]	The Value of Team-Based Mixed-Reality (TBMR) Games in Higher Education	Serious Game	International Journal of Game-Based Learning	2013	Other	GBL
[89]	Serious Sustainability Challenge Game to Promote Teaching and Learning of Building Sustainability	Serious Game	Journal of Computing in Civil Engineering	2013	Civil Eng. & Construction	GBL

Ref.	Title	Main Topic	Publication	Publication Year	Application	Methodology
[90]	Successful implementation of user-centered game based learning in higher education: An example from civil engineering	Serious Game	Computers & Education	2007	Civil Eng. & Construction	GBL
[35]	Blended learning labs practice: magnetic field measurement	Virtual Laboratory	Conference	2011	Other	b-Learning / e-Learning
[56]	The use of a game-based project in engineering education: An examination of the academic learning, engagement and motivation of first-year engineering students	Serious Game	Conference	2012	Engineering	Collaborative Learning
[2]	Learning and teaching styles in engineering education	Active learning Classroom	Engineering Education	1988	Engineering	Collaborative Learning
[91]	A framework for developing serious games to meet learner needs	Serious Game	Conference	2006	Other	GBL
[92]	Tackling engineering education research challenges: Web 2.0 social software for personal learning	Virtual Laboratory	International Journal of Engineering Education	2010	Engineering	Collaborative Learning
[93]	A framework for Virtual Interactive Construction Education (VICE)	Simulation	Automation in Construction	2011	Civil Eng. & Construction	b-Learning / e-Learning
[48]	Requirements on learning analytics for facilitated and non facilitated games	Serious Game	Conference	2014	Other	GBL
[94]	The use of game-based learning methods for teaching supply chain management subjects.	Serious Game	Journal of Advanced Distributed Learning Technology	2014	Mechanical Engineering	GBL
[95]	Impact of gaming application use in construction engineering education	Simulation	Conference	2010	Civil Eng. & Construction	PBL
[96]	A plug and play pathway approach for operations management games development	Simulation	Computers & Education	2010	Other	PBL
[97]	Assessment of Application Technology of Natural User Interfaces in the Creation of a Virtual Chemical Laboratory	Simulation	Journal of Science Education and Technology	2015	Other	b-Learning / e-Learning
[98]	Achieving broad access to satellite control research with zero robotics	Simulation	Conference	2013	Electrical & Electronic Eng.	GBL
[99]	Laboratory instruction in engineering education	Virtual Laboratory	Global J. of Engng. Educ	2007	Electrical & Electronic Eng.	Collaborative Learning
[100]	Work in progress-How real is student engagement in using virtual laboratories	Virtual Laboratory	Conference	2007	Engineering	b-Learning / e-Learning
[101]	A detailed investigation of the applicability and utility of simulation and gaming in the teaching of civil engineering students	Serious Game	Conference	2010	Civil Eng. & Construction	GBL
[52]	Games for science and engineering education	Serious Game	Communications of the ACM	2007	Engineering	GBL
[102]	GETsoft/LabWeb-a virtual electrical engineering laboratory for first-year students	Virtual Laboratory	Workshop on using VR in education,	2007	Electrical & Electronic Eng.	b-Learning / e-Learning
[25]	Envisioning engineering education and practice in the coming intelligence convergence era—a complex adaptive systems approach	Virtual Reality	Central European Journal of Engineering	2013	Engineering	FC

Ref.	Title	Main Topic	Publication	Publication Year	Application	Methodology
[103]	Control and Automation Engineering Education: combining physical, remote and virtual labs	Simulation	Conference	2012	Electrical & Electronic Eng.	b-Learning / e-Learning
[104]	A Format of Serious Games for Higher Technology Education Topics: A Case Study in a Digital Electronic System Course	Serious Game	Conference	2012	Electrical & Electronic Eng.	GBL
[105]	Creating Adaptive e-Learning Board Games for School Settings Using the ELG Environment.	Serious Game	Journal of Universal Computer Science	2008	Other	GBL
[106]	3D and VR models in Civil Engineering education: Construction, rehabilitation and maintenance	Virtual Reality	Automation in Construction	2010	Civil Eng. & Construction	b-Learning / e-Learning
[107]	MareMonstrum: a Contribution to Empirical Research about How the Use of MUVES May Improve Students' Motivation.	Virtual Reality	Journal of Universal Computer Science	2013	Software Engineering	PBL
[108]	Real and Emulated Experiments for e-Learning and m-Learning Implemented by Virtual Instrumentation	Virtual Laboratory	Conference	2007	Electrical & Electronic Eng.	b-Learning / e-Learning
[109]	Laboratory demonstrators' perceptions of the remote laboratory implementation of a fluid mechanics laboratory	Virtual Laboratory	Conference	2010	Other	b-Learning / e-Learning
[110]	DIBE - Existing e-learning products	Simulation	Conference	2007	Electrical & Electronic Eng.	b-Learning / e-Learning
[111]	Gameplay to introduce and reinforce requirements engineering practices	Serious Game	Conference	2008	Other	GBL
[4]	Flipping the Work Design in an industrial engineering course	Active Learning Classroom	Conference	2009	Engineering	FC
[112]	Infusing Technology Into Engineering Education	Simulation	Conference	2010	Electrical & Electronic Eng.	Collaborative Learning



# **ANEXO B**

## **Listado de competencias**



- **Competencias Básicas, para todos los GRADOS (RD 1393/2007)**

- CB1.** Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.
- CB2.** Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.
- CB3.** Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- CB4.** Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- CB5.** Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

- **Competencias Generales de la Institución**

- CG1.** Competencia idiomática (Compromiso de la Institución)
- CG2.** Competencia en otros valores (Compromiso de la Institución)

- **Competencias Básicas (ESPECÍFICAS para las INGENIERÍAS)**

- B01.** Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; geometría; geometría diferencial; cálculo diferencial e integral; ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales; métodos numéricos; algorítmica numérica; estadística y optimización.
- B02.** Comprensión y dominio de los conceptos básicos sobre las leyes generales de la mecánica, termodinámica, campos y ondas y electromagnetismo y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.

- B03.** Conocimientos básicos sobre el uso y programación de los ordenadores, sistemas operativos, bases de datos y programas informáticos con aplicación en ingeniería.
- B04.** Capacidad para comprender y aplicar los principios de conocimientos básicos de la química general, química orgánica e inorgánica y sus aplicaciones en la ingeniería.
- B05.** Capacidad de visión espacial y conocimiento de las técnicas de representación gráfica, tanto por métodos tradicionales de geometría métrica y geometría descriptiva, como mediante las aplicaciones de diseño asistido por ordenador.
- B06.** Conocimiento adecuado del concepto de empresa, marco institucional y jurídico de la empresa. Organización y gestión de empresas.

- **Competencias Transversales**

- CT1.** Trabajo en equipo: capacidad de asumir las labores asignadas dentro de un equipo, así como de integrarse en él y trabajar de forma eficiente con el resto de sus integrantes.

Del análisis de los Libros Blancos y la experiencia adquirida en el desarrollo de las experiencias pilotos, se han seleccionado las siguientes competencias transversales.

- T01.** Capacidad para la resolución de problemas.
- T02.** Capacidad para tomar decisiones.
- T03.** Capacidad de organización y planificación.
- T04.** Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.
- T05.** Capacidad para trabajar en equipo.
- T06.** Actitud de motivación por la calidad y la mejora continua.
- T07.** Capacidad de análisis y síntesis.
- T08.** Capacidad de adaptación a nuevas situaciones.
- T09.** Creatividad y espíritu inventivo en la resolución de problemas científico-técnicos.
- T10.** Capacidad para comunicarse con personas no expertas en la materia.
- T11.** Aptitud para la comunicación oral y escrita en la lengua nativa.



- T12.** Capacidad para el aprendizaje autónomo.
- T13.** Actitud social de compromiso ético y deontológico.
- T14.** Capacidad de gestión de la información en la solución de situaciones problemáticas.
- T15.** Capacidad para interpretar documentación técnica.
- T16.** Capacidad para considerar los factores ambientales en la toma de decisiones.
- T17.** Capacidad para el razonamiento crítico.
- T18.** Comportamiento asertivo.
- T19.** Habilidades en las relaciones interpersonales.
- T20.** Capacidad para trabajar en un equipo de carácter multidisciplinar.
- T21.** Capacidad para utilizar con fluidez la informática a nivel de usuario.
- T22.** Capacidad para planificar la creación y funcionamiento de una empresa.



# **ANEXO C**

## **Diagrama de flujo completo de la metodología *Flip-Game Engineering & Technology***







# **ANEXO D**

## **Estudio del número de alumnos matriculados en Resistencia de Materiales**





Al final de este anexo se indican las conclusiones obtenidas tras realizar un estudio sobre la evolución del número de alumnos matriculados en la materia de Resistencia de Materiales (RM), en los 10 últimos cursos académicos. Se ha escogido esta materia debido a que actualmente se imparte en el segundo curso de casi todos los estudios de ingeniería en la Escuela Superior de Ingeniería (ESI) de la Universidad de Cádiz (UCA), siendo por ello una de las materias que más alumnos están cursando en la actualidad.

Comenzando por el curso académico 2005/2006, el plan de estudios vigente era el de de 1992 (Real Decreto 1402/1992, de 20 de Noviembre). En dicho plan, la materia de Resistencia de Materiales se impartía únicamente en la titulación “Ingeniería Técnica Industrial, especialidad en Mecánica” (ITIM), dentro de las diferentes titulaciones que en esa época se impartían en la ESI. La media de alumnos cursando dicha materia (cuya denominación concreta es “Elasticidad y Resistencia de Materiales I”, ERMI), era de 121, con un 38% de de alumnos de segunda matrícula (o más, denominados en la tabla como Repetidores), tal y como se muestra en la Tabla D.1. Aunque en los dos últimos cursos de dicho plan de estudios se produjo un notable incremento en el número de alumnos matriculados (llegando a 164 alumnos matriculados).

No siendo objeto de este estudio, los motivos de dicho incremento pudieron ser debidos a que muchos alumnos querían finalizar los estudios antes de que se implementaran los Grados. Este notable incremento, a partir del curso 2009/2010, ya empezó a ser un problema para impartir de manera adecuada las prácticas, pues el número de grupos en los que se dividía a los alumnos para las prácticas seguía siendo el mismo.

**Tabla D.1** N° de Alumnos en ITIM – curso académico

<b>N° Alumnos ITIM ⇒</b> <b>↓ Curso Académico</b>	<b>Matriculados</b>	<b>Repetidores</b>	<b>% Repetidores</b>
2005/2006	103	40	39%
2006/2007	93	30	32%
2007/2008	107	48	45%
2008/2009	116	48	41%
2009/2010	143	62	43%
2010/2011 (último curso del plan de estudios)	164	49	30%
<b>Media</b>	<b>121</b>	<b>46</b>	<b>38%</b>

Antes de implementarse el actual plan de estudios, ésta asignatura sólo se impartía para la especialidad en Mecánica, de las diferentes especialidades que se podían cursar. Con los estudios de Grado, la asignatura pasó a ser común y obligatoria para todas las especialidades de Ingeniería Industrial, impartándose en la ESI las siguientes titulaciones: Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales (GITI), Grado en Ingeniería Mecánica (GIM), Grado en Ingeniería Eléctrica (GIE) y Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial (GIEI). Además, esta materia se empezó a impartir en los nuevos grados implantados a partir del curso 2012/2013, pero con nombre diferente: “Elasticidad y Resistencia de Materiales” (ERM), para el Grado en Ingeniería Aeroespacial (GIA) y “Resistencia de Materiales” (RM) en el Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto.

En la Tabla D.2 se muestra el número de alumnos matriculados dichas asignaturas, por curso académico (así como el número y porcentaje de alumnos de segunda matrícula), desde que se implantó el plan de estudios actual, hasta el curso académico 2014/2015. Analizando los datos de dicha tabla y comparándolos con la Tabla D.1, se comprueba que el porcentaje de alumnos que no aprueban la asignatura a la primera es superior al que había en el plan de estudios de 1992, y cada curso académico sigue aumentando.

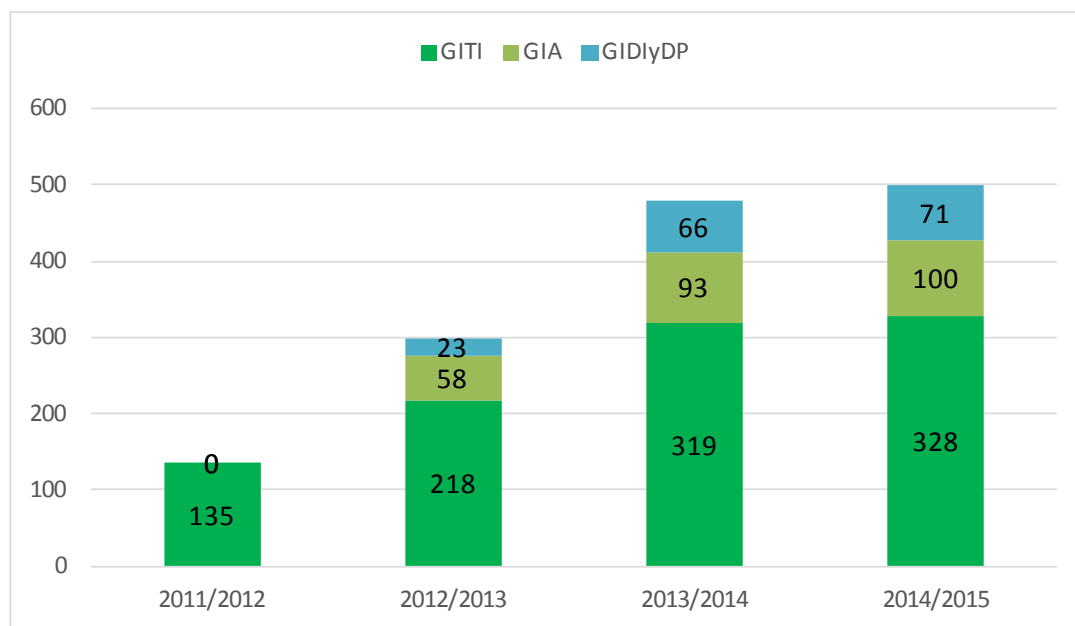
Si a este incremento en el porcentaje se añade la obligatoriedad de la materia en todas las especialidades y la implantación de los nuevos grados, hace que el número de alumnos total cursándolas haya pasado de 135 alumnos en el curso académico 2011/2012 a 499 en el curso académico 2014/2015.

**Tabla D.2** N° de Alumnos en las titulaciones actuales – curso académico

Titulación ⇒ ↓ Curso	GITI, (GIM, GIE, GIEI)			GIA			GIDlyDP			TOTAL	
	Matric.	Rep.	% Rep.	Matric.	Rep.	% Rep.	Matric.	Rep.	% Rep.	Matric.	Rep.
2011/2012	135	-	-	-	-	-	-	-	-	135	-
2012/2013	218	76	35%	58	-	-	23	-	-	299	76
2013/2014	319	149	47%	93	29	31%	66	14	21%	478	192
2014/2015	328	183	56%	100	47	47%	71	30	42%	499	260

En la Figura D.1 se muestra la evolución del número de alumnos matriculados en dichas materias en los últimos cursos académicos, incrementando de manera conside-

able en los primeros cursos, hasta que parece comenzar a estabilizarse en el curso académico 2014/2015.



**Figura D.1** N° de alumnos matriculados en RM – curso académico

A pesar de este gran incremento en el número de alumnos matriculados en esas materias, el número de grupos de prácticas no se ha visto incrementado de manera proporcional, tal y como se puede ver en la Tabla D.3, por lo que la ratio de alumnos por grupo de práctica no es la idónea para impartir unas prácticas de manera correcta, pues para este tipo de prácticas, está recomendado un máximo de 20 alumnos/grupo.

**Tabla D.3** N° de Grupos y Ratio de Alumnos/grupo – curso académico

Titulación ⇒ ↓ Curso	GITI (1 <sup>er</sup> semestre)		GIA (2 <sup>o</sup> semestre)		GIDlyDP (2 <sup>o</sup> semestre)		TOTAL		
	Nº Gr.	Ratio	Nº Gr.	Ratio	Nº Gr.	Ratio	Matric.	Nº Gr.	Ratio
2011/2012	8	17	-	-	-	-	135	8	17
2012/2013	8	28	4	14	2	12	299	14	22
2013/2014	12	27	4	24	3	22	478	19	26
2014/2015	12	27	4	25	3	24	499	19	27

Como conclusión a este estudio, se ve necesario la implementación de alguna metodología que ayude a mejorar el rendimiento de los alumnos en dichas materias (y así reducir el número de alumnos que no aprueban a la primera), así como buscar una solución a la problemática de tener grupos de prácticas tan numerosos.



# **ANEXO E**

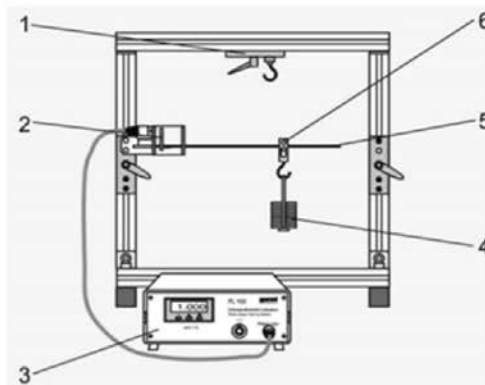
## **Guía de prácticas de Flexión, Tracción y Torsión**



**Práctica 1: Medición de tensiones en barras trabajando a flexión.**

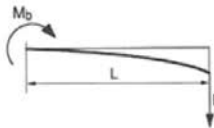
**Descripción del equipo**

- a. **Marco** de carga de aleación de aluminio (1).
- b. **Juego de pesas pequeño** (1-6 N), graduación 0.55 N para ensayos de flexión (4).
- c. **Viga de flexión**, se emplea una viga de acero (5), con un extremo empotrado y el otro volado, de sección transversal  $19.75 \times 4.75 \text{ mm}^2$  y modulo de Young  $E=2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$ . Equipada con un puente completo de bandas extensométricas (2) en las proximidades del empotramiento dispuestas como en la figura 1.8, con dos bandas por arriba longitudinales conectadas a ramas opuestas y otra dos bandas por debajo en la misma disposición.
- d. **Amplificador de medida** (3), con display LED, digital de 4 dígitos que presenta una indicación directa del desequilibrio del puente en  $mV/V$ . Por medio de un potenciómetro (ajustador de offset) se puede poner a cero el puente de bandas extensométricas conectado. Diseñado para la conexión de circuitos en puente completo de bandas extensométricas. El rango de medición es de  $\pm 2.000 \text{ mV/V}$ , la resolución de  $1 \mu V/V$ , la resistencia nominal de las bandas extensométricas de  $350 \Omega$  y la tensión de alimentación del puente  $10 \text{ V}$ .



**Fundamentos**

Para una viga a flexión en voladizo como la de la figura, la tensión normal en la superficie de una sección recta, se determina por medio de la fórmula de Navier de la Resistencia de Materiales, a partir del momento flector  $M_z$  en la sección y del módulo resistente de la sección  $W_z$ .



El momento flector  $M_z$  en la sección de medición (normalmente en el empotramiento donde este es mayor), se calcula como  $M_z = -PL$  donde  $P$  es la carga y  $L$  es la distancia entre la carga y el punto de medición.

El módulo resistente respecto a la línea neutra (eje Z), sección rectangular de ancho  $b$  y altura  $h$  es de:

$$W_z = \frac{I_z}{y_{max}} = \frac{bh^3 / 12}{h / 2} = \frac{bh^2}{6} \qquad \sigma_{x,max} = \frac{-M_z}{I_z} y_{max} = \frac{M_z}{W_z}$$

Para la determinación experimental de la tensión de flexión, como se ha indicado anteriormente, la viga está equipada con un puente completo de bandas extensométricas, dispuestas como en la figura 1.8.

Este montaje debido a la colocación por encima y por debajo de las bandas en ramas opuestas, se consigue que se sumen todas las modificaciones de resistencia consiguiendo mayor sensibilidad.

Se puede calcular la deformación longitudinal unitaria y la tensión como:

$$\varepsilon = \frac{V_o}{KV_z}, \quad \sigma_x = E\varepsilon_x \qquad (1.11)$$

Donde:

- $V_o$  es la tensión de salida
- $V_e$  es la tensión de entrada
- $K$  es el factor de galga 2.05
- $E$  es el módulo de Young del material (acero)  $E = 2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$

**Ejecución del ensayo**

- La viga se monta en el marco, con el soporte con las dos clavijas.
- Conectar y encender el equipo de medición.
- Ajustar la corredera a 250 mm (125 y 100) del punto de medición.
- Con el potenciómetro (ajustador de offset) poner cuidadosamente la indicación a cero.
- Someter la viga a carga con el juego de pesas pequeño. Aumentar escalonadamente la carga en 1.1 N (dos discos de pesa) y anotar la indicación del display (mV/V).
- A partir de los valores medidos anteriormente determinar las deformaciones longitudinales unitarias y las tensiones (1.11) y compararlas con las tensiones que se calculan de acuerdo a la Resistencia de Materiales, figura 1.13. Calcular la desviación entre los valores medidos y calculados. Esta desviación debe ser menor que el 10%.
- Representar, además, una gráfica para comprobar la linealidad entre las cargas (N) y las mediciones (mV/V) y por lo tanto la Ley de Hooke para deformaciones elásticas.



**RESISTENCIA DE MATERIALES**  
 GRADO EN  
 INGENIERIA DE DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DEL PRODUCTO  
 ÁREA: Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras

**PRÁCTICA N° 1: Ensayo de flexión**

Ensayo de flexión, viga de acero, distancia 250 mm					
Carga (N)	Lectura (mV/V)	Defor. long. unit. $\epsilon (10^{-5})$	Tensión medida $\sigma (MPa)$	Tensión calculada $\sigma (MPa)$	Desviación (%)
0	0				
1 (sop)					
2					
3					
4					
5					
6					

Ensayo de flexión, viga de acero, distancia 200 mm					
Carga (N)	Lectura (mV/V)	Defor. long. unit. $\epsilon (10^{-5})$	Tensión medida $\sigma (MPa)$	Tensión calculada $\sigma (MPa)$	Desviación (%)
0	0				
1 (sop)					
2					
3					
4					
5					
6					

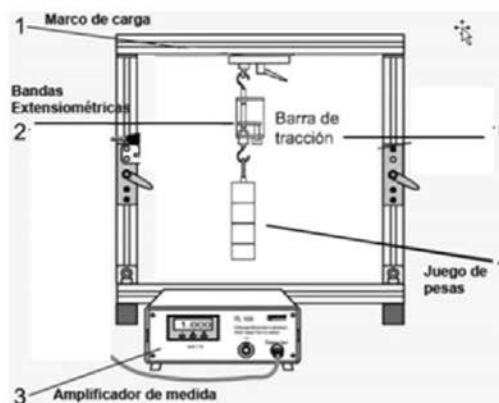
Ensayo de flexión, viga de acero, distancia 150 mm					
Carga (N)	Lectura (mV/V)	Defor. long. unit. $\epsilon (10^{-5})$	Tensión medida $\sigma (MPa)$	Tensión calculada $\sigma (MPa)$	Desviación (%)
0	0				
1 (sop)					
2					
3					
4					
5					
6					

Ensayo de flexión, viga de acero, distancia 100 mm					
Carga (N)	Lectura (mV/V)	Defor. long. unit. $\epsilon (10^{-5})$	Tensión medida $\sigma (MPa)$	Tensión calculada $\sigma (MPa)$	Desviación (%)
0	0				
1 (sop)					
2					
3					
4					
5					
6					

**Práctica 2: Medición de tensiones en barras trabajando a tracción.**

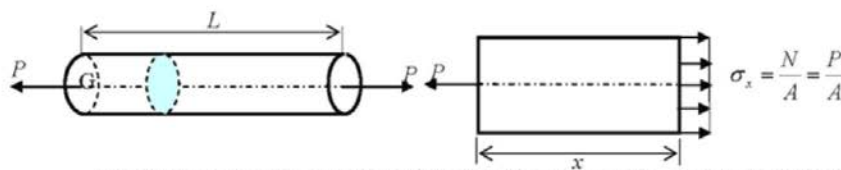
**Descripción del equipo**

- a. **Marco** de carga de aleación de aluminio (1).
- b. **Juego de pesas grande** (5-50 N), graduación 5 N para ensayos de tracción.
- c. **Barra de tracción** de acero inoxidable (CrNi18.8) de sección transversal  $10 \times 2 \text{ mm}^2$  y de módulo de Young  $E = 1.91 \times 10^5 \text{ MPa}$ . Equipada con un puente completo de bandas extensométricas, con dos bandas por arriba una longitudinal y otra transversal conectadas a ramas contiguas y dos bandas por debajo en la misma disposición. Para la aplicación de las cargas de tracción la barra está dotada con ganchos en ambos extremos.
- d. **Amplificador de medida** (3), con display LED, digital de 4 dígitos que presenta una indicación directa del desequilibrio del puente en  $mV/V$ . Por medio de un potenciómetro (ajustador de offset) se puede poner a cero el puente de bandas extensométricas conectado. Diseñado para la conexión de circuitos en puente completo de bandas extensométricas. El rango de medición es de  $\pm 2.000 \text{ mV/V}$ , la resolución de  $1 \mu V/V$ , la resistencia nominal de las bandas extensométricas de  $350 \Omega$  y la tensión de alimentación del puente  $10 \text{ V}$ .



**Fundamentos**

Para una barra a tracción monoaxial como la de la figura, la tensión normal de tracción  $\sigma_x$  se calcula por la Resistencia de Materiales a partir de la carga de tracción  $P$  y el área de la sección transversal  $A$ , siendo su distribución uniforme en la sección. Es decir las tensiones en la superficie que son las que se miden mediante las bandas extensométricas son las mismas que en toda la sección. Según la Ley de Hooke monoaxial la tensión y la deformación longitudinal unitaria se relacionan como  $\sigma_x = E \varepsilon_x$ .



Para la determinación experimental de la tensión de tracción, como se ha indicado anteriormente, la barra esta equipada con un puente completo de bandas extensométricas.

Este montaje debido a la colocación por encima y por debajo de las bandas en ramas contiguas, se consigue que las posibles deformaciones de flexión superpuestas (+ε por encima y -ε por debajo) se anulen y no tengan ninguna influencia en la medición. Además la sensibilidad es mayor que en los otros casos posibles para tracción.

Se puede calcular la deformación longitudinal unitaria y la tensión como:

$$\varepsilon = \frac{2V_0}{(1 + \mu)KV_x}; \quad \sigma_x = E \cdot \varepsilon_x \quad (1.10)$$

Donde:

- $V_0$  es la tensión de salida
- $V_x$  es la tensión de entrada
- $\mu$  es el coeficiente de Poisson
- $K$  es el factor de galga 2.05
- $E$  es el modulo de Young del material

	E (N·mm <sup>2</sup> )	$\mu$
Acero	210.000	0,280
Acero CrNi 18.8	191.000	0,305
Cobre	123.000	0,300
Latón	88.000	0,330
Aluminio	69.000	0,330

**Ejecución del ensayo**

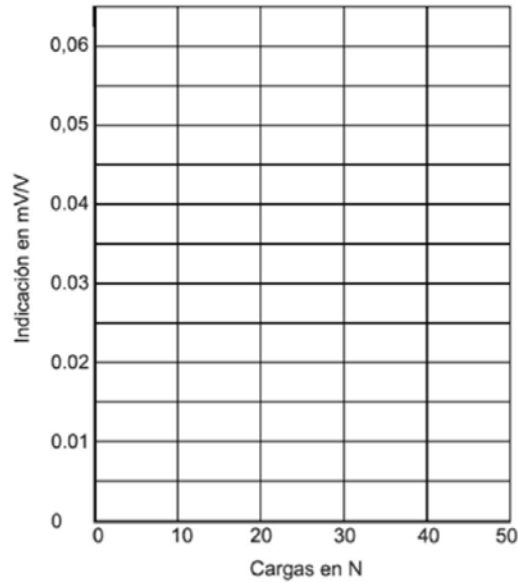
- La barra de tracción se monta en el marco enganchandola en el soporte de ojal.
- Conectar y encender el equipo de medición.
- Con el potenciómetro (ajustador de offset) poner cuidadosamente la indicación a cero.
- Someter la barra a carga con el juego de pesas grande. Aumentar escalonadamente la carga y anotar la indicación del display ( $mV/V$ ).
- A partir de los valores medidos anteriormente determinar las deformaciones longitudinales unitarias y las tensiones (1.10) y compararlas con las tensiones que se calculan de acuerdo a la Resistencia de Materiales. Calcular la desviación entre los valores medidos y calculados. Esta debe ser menor que el 10%.
- Representar, además, una gráfica para comprobar la linealidad entre las cargas ( $N$ ) y las mediciones ( $mV/V$ ) y por lo tanto la Ley de Hooke para deformaciones elásticas.

PRÁCTICA Nº 2: Ensayo de Tracción

Ensayo de tracción, barra de acero					
Carga (N)	Lectura (mV/V)	Defor. long. unit. $\varepsilon (10^{-5})$	Tensión medida $\sigma (MPa)$	Tensión calculada $\sigma (MPa)$	Desviación (%)
10					
20					
30					
40					
50					

Ensayo de tracción, barra de aluminio					
Carga (N)	Lectura (mV/V)	Defor. long. unit. $\varepsilon (10^{-5})$	Tensión medida $\sigma (MPa)$	Tensión calculada $\sigma (MPa)$	Desviación (%)
10					
20					
30					
40					
50					

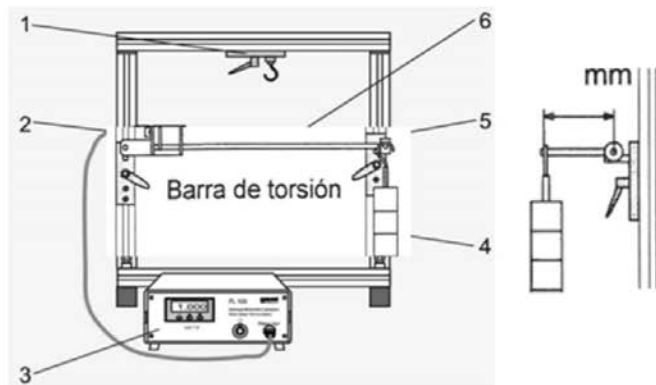
Ensayo de tracción, barra de latón					
Carga (N)	Lectura (mV/V)	Defor. long. unit. $\varepsilon (10^{-5})$	Tensión medida $\sigma (MPa)$	Tensión calculada $\sigma (MPa)$	Desviación (%)
10					
20					
30					
40					
50					



**Práctica 3: Medición de tensiones en barras trabajando a torsión.**

**Descripción del equipo**

- a. **Marco de carga** de aleación de aluminio (1).
- b. **Juego de pesas grande** (5-50 N), graduación 5 N para ensayos de tracción. (4)
- c. **Barra de torsión** (5), redonda de acero, de longitud  $L=500\text{ mm}$ , diámetro  $D=10\text{ mm}$ , módulo resistente a la torsión  $W_o=196.3\text{ mm}^3$  y modulo de cizalladura o de elasticidad transversal  $G=0.8 \times 10^5\text{ MPa}$ . Con un extremo empotrado y en el extremo libre, que se apoya en el marco para suprimir momentos de flexión, se dispone una palanca transversal de  $100\text{ mm}$  para la generación del par torsionante. Equipada con un puente completo de bandas extensométricas en las proximidades del empotramiento dispuestas a  $45^\circ$ .
- d. **Amplificador de medida** (3), con display LED, digital de 4 dígitos que presenta una indicación directa del desequilibrio del puente en  $mV/V$ . Por medio de un potenciómetro (ajustador de offset) se puede poner a cero el puente de bandas extensométricas conectado. Diseñado para la conexión de circuitos en puente completo de bandas extensométricas. El rango de medición es de  $\pm 2.000\text{ mV/V}$ , la resolución de  $1\text{ }\mu\text{V/V}$ , la resistencia nominal de las bandas extensométricas de  $350\text{ }\Omega$  y la tensión de alimentación del puente  $10\text{ V}$ .





**Fundamentos**

Una aplicación muy importante de la tecnología de bandas extensométricas está constituida por la medición del momento torsor (torsiómetros). Por ejemplo, en ejes o árboles de máquinas que transmiten potencia, el momento torsor coincide con el par que transmite el eje y permite, conocidas las revoluciones  $n$  a las que gira determinar la potencia que entrega, figura 1.14.

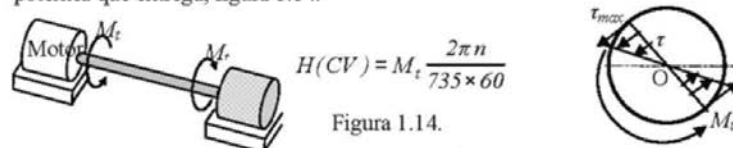


Figura 1.14.

Para un eje a torsión pura como el de la figura 1.14 la tensión tangencial en la superficie de una sección recta, se determina por medio de la Resistencia de Materiales, a partir del momento torsor  $M_t$  en la sección y del módulo resistente a torsión de la sección

$$W_o \cdot \tau_{max} = \frac{M_t R}{I_o} = \frac{M_t}{W_o} \quad \text{Donde el módulo resistente a la torsión es } W_o = \frac{I_o}{R} = \frac{\pi D^3}{16}$$

Para la determinación experimental de la tensión de torsión, como se ha indicado anteriormente, la barra está equipada con un puente completo de bandas extensométricas como en la figura 1.9, dispuestas en un ángulo a  $45^\circ$  respecto del eje de la barra, en la dirección de las tensiones normales principales y por tanto de deformación longitudinal unitaria mayor, figura 1.15.

Con este montaje, debido a que las bandas con igual deformación se disponen en ramas opuestas del puente, se consigue que se sumen todas las modificaciones de resistencia consiguiendo mayor sensibilidad.

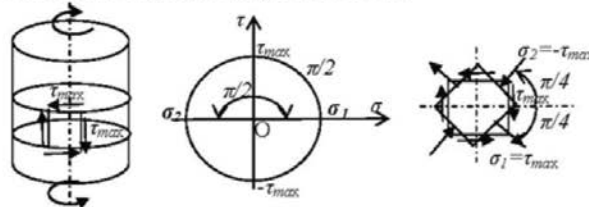


Figura 1.15

Para la determinación experimental de la tensión de flexión, como se ha indicado anteriormente, la viga está equipada con un puente completo de bandas extensométricas, dispuestas como en la figura 1.8.

Según la figura 1.9 se puede calcular la deformación longitudinal unitaria como:

$$\varepsilon = \frac{V_o}{KV_\varepsilon}; \tag{1.12}$$

La relación entre la deformación angular  $\gamma$  y la deformación longitudinal unitaria  $\varepsilon$  para cortante puro es  $\gamma = 2\varepsilon$  que se demuestra de las relaciones siguientes:

Aplicando la ley de Hooke para tensión plana (biaxial):

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_1 &= \frac{1}{E}(\sigma_1 - \nu\sigma_2) = \frac{1}{E}(\tau + \nu\tau) = \frac{\tau(1 + \nu)}{E} \\ \varepsilon_2 &= \frac{1}{E}(\sigma_2 - \nu\sigma_1) = \frac{1}{E}(-\tau - \nu\tau) = \frac{-\tau(1 + \nu)}{E} \\ \gamma &= \frac{\tau}{G} = \frac{\tau}{E/2(1 + \nu)} \end{aligned} \right\} \quad \tau = \gamma G = 2\varepsilon G \tag{1.13}$$

Y el momento torsor en la superficie de la barra teniendo en cuenta (1.12) y (1.13):

$$M_t = \tau W_o = 2\varepsilon G W_o = \frac{2}{K} G W_o \frac{V_o}{V_s} \quad (1.14)$$

Donde:

$V_o$  es la tensión de salida

$V_s$  es la tensión de entrada

$G$  es el módulo de cizalladura o de elasticidad transversal (acero)  $G=0.8 \times 10^5 \text{ MPa}$ .

$W_o$  es el módulo resistente a la torsión

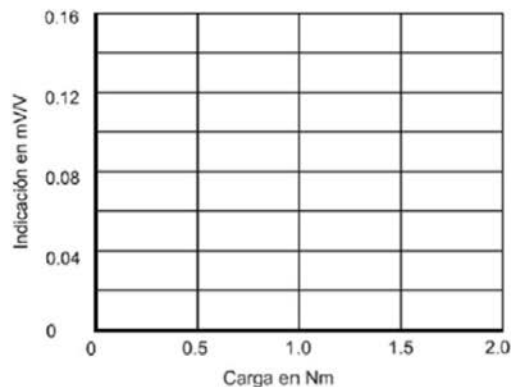
$K$  es el factor de galga 2.05

**Ejecución del ensayo**

- La barra de torsión se monta en el marco con el soporte con las dos clavijas, el extremo libre se apoya sobre el otro soporte. Asegurarse que la barra se encuentra en posición horizontal.
- Conectar y encender el equipo de medición.
- Con el potenciómetro (ajustador de offset) poner cuidadosamente la indicación a cero.
- Colgar el juego de pesas del brazo de palanca y generar el par torsionante. Aumentar escalonadamente la carga en 5 N (dos discos de pesa) y anotar la indicación del display (mV/V).
- A partir de los valores medidos anteriormente determinar las deformaciones longitudinales unitarias y los momentos torsores medidos (1.14) y compararlos con los momentos torsores aplicados (carga N x100 mm). Calcular la desviación entre los valores medidos y calculados. Esta desviación debe ser menor que el 10%.
- Representar, además, una gráfica para comprobar la linealidad entre las cargas (Nm) y las mediciones (mV/V) y por lo tanto la Ley de Hooke para deformaciones elásticas.

**PRÁCTICA Nº 3: Ensayo de Torsión**

Ensayo de torsión, brazo de palanca 100 mm					
Carga (N)	Lectura (mV/V)	Defor. long. unit. $\varepsilon (10^{-5})$	M. Torsor aplicado $M_T(Nm)$	M. Torsor medido $M_T(Nm)$	Desviación (%)
5					
10					
15					
20					







# Glosario de siglas

ARG:	Alternate Reality Game
CB:	Competencia Básica
CG:	Competencia General
CRD:	Centro de Recursos Digitales
CT:	Competencia Transversal
ELI:	EDUCAUSE Learning Initiative
ERM:	Elasticidad y Resistencia de Materiales
ERMI:	Elasticidad y Resistencia de Materiales I
ESI:	Escuela Superior de Ingeniería
FC:	Flipped Classroom o aula invertida
FGL:	Flipped Game Learning
Flip-GET:	Flip-Game Engineering & Technology
GBL:	Game-Based Learning
GCCAA:	Grado en Ciencias Ambientales
GCCM:	Grado en Ciencias del Mar
GIA:	Grado en Ingeniería Aeroespacial
GIDlyDP:	Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto
GIE:	Grado en Ingeniería Eléctrica

GIEI:	Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial
GIM:	Grado en Ingeniería Mecánica
GITI:	Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales
GQ:	Grado en Química
INTEF:	Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado
NCES:	National Center for Education Statistics
NMC:	New Media Consortium
PBL:	Problem Based Learning
PV_1:	Práctica Virtual 1
PV_2:	Práctica Virtual 2
RM:	Resistencia de Materiales
RODIN:	Repositorio de Docencia e Investigación
SCORM:	Sharable Content Object Reference Model
SG:	Serious Game o juegos serios
SLR:	Systematic Literature Review
STEM:	Science, Technology, Engineering and Mathematics
TBL:	Tutorial Based Learning
TIC:	Tecnologías de la Información y la Comunicación
UCA:	Universidad de Cádiz
UML:	Unified Modeling Language
VLE:	Virtual Learning Environments
VS:	Virtual Simulation
VW:	Virtual World

# Referencias

- [1] S. Freeman, S. L. Eddy, M. McDonough, M. K. Smith, N. Okoroafor, H. Jordt, and M. P. Wenderoth, "Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics," in *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 2014, vol. 111, no. 23, pp. 8410–8415.
- [2] R. Felder and L. Silverman, "Learning and teaching styles in engineering education," *Eng. Educ.*, vol. 78, no. June, pp. 674–681, 1988.
- [3] M. Ulicsak, "Games in Education: Serious Games," *A Futur. Lit. Rev.*, p. 139, 2010.
- [4] R. Toto and H. N. H. Nguyen, "Flipping the Work Design in an industrial engineering course," in *2009 39th IEEE Frontiers in Education Conference*, 2009, pp. 1–4.
- [5] J. Silvio, "La virtualización de la educación superior: alcances, posibilidades y limitaciones," *Educ. Super. y Soc.*, 2010.
- [6] M. Prensky, "Don't Bother Me Mom: I'm learning," 2007.
- [7] M. Prensky, "From digital natives to digital wisdom: Hopeful essays for 21st century learning," 2012.
- [8] A. Cabero, C. Llorente, and Á. Puentes, "La satisfacción de los estudiantes en red en la formación semipresencial," *Comunicar*, 2010.
- [9] M. V. López-Pérez, M. C. Pérez-López, and L. Rodríguez-Ariza, "Blended learning in higher education: Students' perceptions and their relation to outcomes," *Comput.*

- Educ.*, vol. 56, no. 3, pp. 818–826, Apr. 2011.
- [10] M. Adam, R. Vallés, and G. Rodríguez, “E-learning: características y evaluación,” *Ensayos Econ.*, vol. 43, pp. 143–159, 2013.
- [11] T. a. Mikropoulos and A. Natsis, “Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999–2009),” *Comput. Educ.*, 2011.
- [12] F. Rennie and T. Morrison, *E-learning and social networking handbook: Resources for higher education*. 2013.
- [13] T. Connolly, E. Boyle, and E. MacArthur, “A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games.,” *Comput. Educ.*, 2012.
- [14] A. Kamp, *Engineering Education in the Rapidly Changing World: Rethinking the Mission and Vision on Engineering Education at TU Delft*. 2014.
- [15] X. Chen, “STEM Attrition: College Students’ Paths Into and Out of STEM Fields.” U.S. Department of Education, Washington, DC, p. 102, 2013.
- [16] E. Godfrey, T. Aubrey, and R. King, “Who leaves and who stays? Retention and attrition in engineering education,” *Eng. Educ.*, vol. 5, no. 2, pp. 26–40, 2013.
- [17] P. Rajalingam, “Patterns within problem-based learning: how a prior mathematics failure affects engineering diploma students,” 2011.
- [18] B. Kitchenham and S. Charters, “Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering,” *Engineering*, vol. 2, p. 1051, 2007.
- [19] K. Vignare, “Review of literature, blended learning: Using ALN to change the classroom—will it work,” in *Blended learning: Research Perspectives*, 2007, pp. 37–63.
- [20] M. Almeida, R. Doran, and M. Fragaki, “D1. 2 Open Discovery Space Innovation Model Tool Box,” *opendiscoveryspace.eu*, 2013.
- [21] J. Bergmann and A. Sams, *Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day*. 2012.
- [22] R. Beach, “Uses of digital tools and literacies in the English language arts classroom,” *Res. Sch.*, vol. 19, no. 1, pp. 45–59, 2012.
- [23] D. Watson, M. Hancock, and R. L. Mandryk, “Gamifying behaviour that leads to

- learning,” in *Proceedings of the First International Conference on Gameful Design, Research, and Applications - Gamification '13*, 2013, pp. 87–90.
- [24] C. Totten, “Teaching Serious Game App Design Through Client-based Projects,” in *DiGRA Conference Proceedings 2013*, 2013, pp. 1–16.
- [25] A. K. Noor, “Envisioning engineering education and practice in the coming intelligence convergence era — a complex adaptive systems approach,” *Cent. Eur. J. Eng.*, vol. 3, no. 4, pp. 606–619, 2013.
- [26] L. Y. L. Tan, “The Impact of Meaningful Gamification on Students’ Motivation: A Proposed Pilot Study,” in *TLHE 2014: International Conference on Teaching and Learning in Higher Education*, 2014, pp. 1–4.
- [27] A. H. Wendorf, “El Mundo de Comida: the relative effectiveness of digital game feedback and classroom feedback in helping students learn Spanish food vocabulary,” University of Texas, 2014.
- [28] J. Burns, S. O. Brien, and R. Burns, “Engaging a global community of learners and practitioners in the care of the critically ill child,” *Innov. Glob. Med. Heal. Educ.*, pp. 1–8, 2014.
- [29] J. Bidarra, C. Natálio, and M. Figueiredo, “Designing eBook Interaction for Mobile and Contextual Learning,” in *2014 International Conference on Interactive Mobile Communication Technologies and Learning (IMCL)*, 2014, pp. 5–13.
- [30] C. Latulipe, N. B. Long, and C. E. Seminario, “Structuring Flipped Classes with Lightweight Teams and Gamification,” in *Proceedings of the 46th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 2015, pp. 392–397.
- [31] I. Doumanis, S. Porter, D. Economou, and S. Smith, “An Expert Review of REVERIE and its potential for game-based learning,” in *Workshop Proceedings of the 11th International Conference on Intelligent Environments*, 2015, pp. 306–313.
- [32] V. Bouki and D. Economou, “Using Serious Games in Higher Education : Reclaiming the Learning Time,” in *Workshop Proceedings of the 11th International Conference on Intelligent Environments*, 2015, pp. 381–387.
- [33] S. Castro, B. Guzmán, and D. Casado, “Las TIC en los procesos de Enseñanza y Aprendizaje,” *Laurus*, vol. 13, no. 23, pp. 213–234, 2007.
- [34] F. H. Lucena, I. A. Díaz, and M. C. Reche, “Percepciones del alumnado sobre el blended learning en la universidad,” 2009.

- [35] J. Espinosa Tomás, J. Pérez Rodríguez, J. J. Miret Marí, M. T. Caballero Caballero, C. Vázquez Ferri, D. Mas Candela, C. Hernández Poveda, and C. Illueca Contri, "Blended learning labs practice: magnetic field measurement," in *Proceedings of INTED 2011 Conference*, 2011, pp. 1163–1169.
- [36] Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado - INTEF, "Encuesta Europea a centros escolares: Las TIC en Educación. Una visión comparativa del acceso, uso y actitudes hacia la tecnología en los centros escolares europeos," 2013.
- [37] B. Fishman, C. Dede, and B. Means, "Teaching and technology: new tools for new times," *Ann Arbor*.
- [38] M. Basto Rincon and A. Calderón Castrillón, *Diseño e implementación de prácticas de laboratorio de ergonomía para el programa de maestría de higiene y seguridad de la Universidad Autónoma de Occidente*. 2013.
- [39] F. E. Cardona Buitrago, "Las prácticas de laboratorio como estrategia didáctica," 2013.
- [40] "Reglamento de los Laboratorios de Ingeniería de Métodos y Metrología del Instituto Tecnológico Superior de Arandas Reglamento de los Laboratorios de Ingeniería de Métodos y Metrología del Instituto Tecnológico Superior de Arandas."
- [41] J. D. Alemán Suárez and M. A. Mata Mendoza, *Guía de elaboración de un manual de prácticas de laboratorio, taller o campo: Asignaturas teórico prácticas*. 2006.
- [42] D. E. E. D. E. Ingeniería, "Propuestas para un aprendizaje activo y autónomo de estudios de ingeniería," 2011.
- [43] M. de Educación Cultura y Deporte, "Datos y Cifras del Sistema Universitario Español. Curso-2014-2015," 2015.
- [44] B. S. Chowdhry, S. M. Z. S. Shah, and S. M. Z. A. Shah, "A implementation framework for Tutorial Based Learning ( TBL )," *WSEAS Trans. Adv. Eng. Educ.*, vol. 11, no. 1, pp. 66–72, 2014.
- [45] K. Corti, "Games-based Learning; a serious business application," *Inf. PixelLearning*, vol. 34(6), pp. 1–20, 2006.
- [46] M. Prensky, *The Digital Game-Based Learning*. 2001.
- [47] C. von Wangenheim and F. Shull, "To game or not to game?," *Software, IEEE*, vol. 26, no. 2, pp. 92–94, 2009.

- [48] J. B. Hauge, M. Kalverkamp, F. Bellotti, R. Berta, A. De Gloria, and G. Barabino, "Requirements on learning analytics for facilitated and non facilitated games," in *2014 Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 2014, pp. 1126–1132.
- [49] M. Grimley, R. Green, T. Nilsen, D. Thompson, and R. Tomes, "Using computer games for instruction: The student experience," *Act. Learn. High. Educ.*, vol. 12, no. 1, pp. 45–56, 2011.
- [50] S. Vandercruysse, M. Vandewaetere, and G. Clarebout, "Game-Based Learning: A Review on the Effectiveness of Educational Games," in *Handbook of research on serious games as Educational, Business and Research Tools*, M. M. Cruz-Cunha, Ed. Hershey, PA: IGI Global, 2012, pp. 628–647.
- [51] P. Backlund and M. Hendrix, "Educational games-are they worth the effort? A literature survey of the effectiveness of serious games," in *Games and Virtual Worlds for Serious Applications, 2013 5th International Conference on*, 2013.
- [52] M. J. Mayo, "Games for science and engineering education," *Commun. ACM*, vol. 50, no. 7, p. 6, 2007.
- [53] M. J. Mayo, "Video games: a route to large-scale STEM education?," *Science*, vol. 323, no. 5910, pp. 79–82, 2009.
- [54] B. D. Coller and M. J. Scott, "Effectiveness of using a video game to teach a course in mechanical engineering," *Comput. Educ.*, vol. 53, no. 3, pp. 900–912, 2009.
- [55] J. B. Hauge, B. Pourabdollahian, and J. C. K. H. Riedel, "The Use of Serious Games in the Education of Engineers," *Adv. Prod. ...*, vol. 397, no. Part I, pp. 622–629, 2013.
- [56] J. Fang, "The use of a game-based project in engineering education: An examination of the academic learning, engagement and motivation of first-year engineering students," Purdue University, 2012.
- [57] B. Morris, S. Croker, and C. Zimmerman, "Gaming science: the 'Gamification' of scientific thinking," *Front. Psychol.*, vol. 4, no. Article 607, p. 607 (1–16), 2013.
- [58] C. H. Crouch and E. Mazur, "Peer Instruction: Ten years of experience and results," *Am. J. Phys.*, vol. 69, no. 9, pp. 970–977, 2001.
- [59] E. Mazur and J. Watkins, "Justing-in-Time Techand Peer Instruction," in *PEER INSTRUCTION AND JUST-IN-TIME*, 2007, pp. 39–62.

- [60] D. A. Muller, K. J. Lee, and M. D. Sharma, "Coherence or interest: Which is most important in online multimedia learning?," *Australasian Journal of Educational Technology*, vol. 24, no. 2. 22-Feb-2008.
- [61] D. Wagner, P. Laforge, and D. Cripps, "Lecture material retention: A first trial report on flipped classroom strategies in electronic systems engineering at the University of Regina," in *Proc. 2013 Canadian Engineering Education Association (CEEA13) Conf.*, 2013, p. 093 (1–5).
- [62] L. L. Lacher and M. C. Lewis, "The Effectiveness of Video Quizzes in a Flipped Class," pp. 224–228.
- [63] S. Heckman, "An Empirical Study of In-Class Laboratories on Student Learning of Linear Data Structures," in *ICERO'15*, 2015.
- [64] M. Mitchell, "Situational Interest: Its Multifaceted Structure in the Secondary School Mathematics Classroom," *J. Educ. Psychol.*, vol. 85, no. 3, pp. 424–436, 1993.
- [65] G. Schraw, T. Flowerday, and S. Lehman, "Increasing Situational Interest in the Classroom," *Educ. Psychol. Rev.*, vol. 13, no. 3, pp. 211–224, 2001.
- [66] M. Merkt, S. Weigand, A. Heier, and S. Schwan, "Learning with videos vs. learning with print: The role of interactive features," *Learn. Instr.*, vol. 21, no. 6, pp. 687–704, Apr. 2011.
- [67] I. E. Achumba, D. Azzi, and J. Stocker, "Low-Cost Virtual Laboratory Workbench for Electronic Engineering," *Int. J. Virtual Pers. Learn. Environ.*, vol. 1, no. 4, pp. 1–17, 2010.
- [68] B. Balamuralithara and P. C. Woods, "Virtual laboratories in engineering education: The simulation lab and remote lab," *Comput. Appl. Eng. Educ.*, vol. 17, no. 1, pp. 108–118, Mar. 2009.
- [69] I. E. Chika, D. Azzi, J. Stocker, and B. P. Haynes, "Genuine lab experiences for students in resource constrained environments: the RealLab with integrated intelligent assessment," *ijOE / Multidiscip. Eng. Educ. Mag.*, vol. 3, no. 4, pp. 112–119, 2008.
- [70] M. D. Merrill, "Constructivism and Instructional Design.," *Educ. Technol.*, vol. 31, no. 5, pp. 45–53, Nov. 1990.
- [71] R. Koper, B. Olivier, and T. Anderson, "IMS Learning Design Information Model," *IMS Global Learning Consortium*, 2003. [Online]. Available: [http://www.imsglobal.org/learningdesign/ldv1p0/imsl\\_d\\_infov1p0.html](http://www.imsglobal.org/learningdesign/ldv1p0/imsl_d_infov1p0.html).



- [72] A. B. Vázquez., “Experiencias de Física: Demostraciones y Prácticas de Laboratorio,” 2005. [Online]. Available: [http://www.dfists.ua.es/experiencias\\_de\\_fisica/index1.html](http://www.dfists.ua.es/experiencias_de_fisica/index1.html).
- [73] A. R. Hevner, “Design Science in the Information Systems Research,” *MIS Q.*, vol. 28, no. 1, pp. 75–105, 2004.
- [74] G. Hamburg, “Equipment for Engineering Education.” [Online]. Available: [http://www.gunt.de/static/s25\\_1.php](http://www.gunt.de/static/s25_1.php).
- [75] P. Moreno-Ger, D. Burgos, I. Martínez-Ortiz, J. L. Sierra, and B. Fernández-Manjón, “Educational game design for online education,” *Comput. Human Behav.*, vol. 24, no. 6, pp. 2530–2540, Sep. 2008.
- [76] I. E. Achumba, D. Azzi, V. L. Dunn, and G. A. Chukwudebe, “Intelligent Performance Assessment of Students’ Laboratory Work in a Virtual Electronic Laboratory Environment,” *IEEE Trans. Learn. Technol.*, vol. 6, no. 2, pp. 103–116, Apr. 2013.
- [77] N. Adamo-Villani, T. Haley-Hermiz, and R. Cutler, “Using a Serious Game Approach to Teach ‘Operator Precedence’ to Introductory Programming Students,” in *International Conference on Information Visualisation*, 2013, pp. 523–526.
- [78] P. Baepler, J. Walker, and M. Driessen, “It’s not about seat time: Blending, flipping, and efficiency in active learning classrooms,” *Comput. Educ.*, vol. 78, pp. 227–236, 2014.
- [79] G. Barata, S. Gama, J. Jorge, and D. Goncalves, “Engaging Engineering Students with Gamification,” in *International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications, VS-GAMES 2013*, 2013.
- [80] K. Berkling and C. Thomas, “Gamification of a Software Engineering course and a detailed analysis of the factors that lead to it’s failure,” in *2013 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL 2013)*, 2013, pp. 525–530.
- [81] A. Berns, A. Gonzalez-Pardo, and D. Camacho, “Game-like language learning in 3-D virtual environments,” *Comput. Educ.*, vol. 60, no. 1, pp. 210–220, 2013.
- [82] B. Bontchev and D. Vassileva, “Educational Quiz Board Games for Adaptive E-Learning,” *World Acad. Sci. Eng. Technol.*, vol. 42, pp. 256–263, 2010.
- [83] M. J. Callaghan, N. McShane, and A. Gomez Eguiluz, “Using game analytics to measure student engagement/retention for engineering education,” in *2014 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*, 2014, pp. 297–302.

- [84] C. Caulfield, D. Veal, and S. P. Maj, "Teaching Software Engineering Project Management – A Novel Approach for Software Engineering Programs," *Modern Applied Science*, vol. 5, no. 5. pp. 87–104, 2011.
- [85] F. Coito, L. Gomes, and A. Costa, "Simulation, Emulation and Remote Experiments," in *Workshop on using VR in education Proceedings*, 2007, no. March, pp. 99–110.
- [86] B. D. Coller and D. J. Shernoff, "Video game-based education in mechanical engineering: A look at student engagement," *Int. J. Eng. Educ.*, vol. 25, no. 2, pp. 308–317, 2009.
- [87] J. S. DeClerck, "Exigencies for engaging undergraduates in rhetorical problem solving: insights from engineering managers and A3 report analyses," Michigan Technological University, 2012.
- [88] J. A. Denholm, A. Protopsaltis, and S. de Freitas, "The Value of Team-Based Mixed-Reality (TBMR) Games in Higher Education," *Int. J. Game-Based Learn.*, vol. 3, no. 1, pp. 18–33, 2013.
- [89] H. Dibb and N. Adamo-Villani, "Serious Sustainability Challenge Game to Promote Teaching and Learning of Building Sustainability," *J. Comput. Civ. Eng.*, vol. 28, no. SPECIAL ISSUE, 2013.
- [90] M. Ebner and A. Holzinger, "Successful implementation of user-centered game based learning in higher education: An example from civil engineering," *Comput. Educ.*, vol. 49, no. 3, pp. 873–890, Nov. 2007.
- [91] S. de Freitas and S. Jarvis, "A framework for developing serious games to meet learner needs," in *Interservice/Industry Training, Simulation & Education Conference (I/ITSEC)*, 2006, p. 2742 (1–11).
- [92] D. Gillet, "Tackling engineering education research challenges: Web 2.0 social software for personal learning," *Int. J. Eng. Educ.*, vol. 26, no. 5, pp. 1134–1143, 2010.
- [93] J. Goedert, Y. Cho, M. Subramaniam, H. Guo, and L. Xiao, "A framework for Virtual Interactive Construction Education (VICE)," *Autom. Constr.*, vol. 20, no. 1, pp. 76–87, Jan. 2011.
- [94] J. B. Hauge, "The use of game-based learning methods for teaching supply chain management subjects.," *J. Adv. Distrib. Learn. Technol.*, vol. 2, no. 5, pp. 5–15, 2014.
- [95] E. Howard, C. Cory, and H. Dibb, "Impact of gaming application use in construction engineering education," in *Proceedings of the International Conference in Computing in Civil and Building Engineering*, 2010, p. 6.

- [96] K. Hua Tan, Y. Kei Tse, and P. Ling Chung, "A plug and play pathway approach for operations management games development," *Comput. Educ.*, vol. 55, pp. 109–117, 2010.
- [97] P. Jagodziński and R. Wolski, "Assessment of Application Technology of Natural User Interfaces in the Creation of a Virtual Chemical Laboratory," *J. Sci. Educ. Technol.*, vol. 24, no. 1, pp. 16–28, 2015.
- [98] J. G. Katz, "Achieving broad access to satellite control research with zero robotics," 2013.
- [99] R. V. Krivickas and J. Krivickas, "Laboratory instruction in engineering education," *Glob. J. Engng. Educ.*, vol. 11, no. 2, pp. 191–196, 2007.
- [100] E. Lindsay, M. Koretsky, J. J. Richardson, and M. Mahalinga-Iyer, "Work in progress-How real is student engagement in using virtual laboratories," in *Frontiers In Education Conference, FIE*, 2007, pp. 1–2.
- [101] G. Long, "A detailed investigation of the applicability and utility of simulation and gaming in the teaching of civil engineering students," University of Nottingham, 2010.
- [102] V. Neundorf, V. Yakimchuk, and H.-U. Seidel, "GETsoft/LabWeb - a virtual electrical engineering laboratory for first-year students," in *Workshop on using VR in education Proceedings*, 2007, no. March, pp. 83–88.
- [103] C. E. Pereira, S. Paladini, and F. M. Schaf, "Control and Automation Engineering Education: combining physical, remote and virtual labs," in *Internationa Multi-Conference on Systems, Signal and Devices, SSD 2012*, 2012, p. 10.
- [104] D. Pranantha, F. Bellotti, R. Berta, and A. De Gloria, "A Format of Serious Games for Higher Technology Education Topics: A Case Study in a Digital Electronic System Course," in *Proceedings of the 12th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2012*, 2012, pp. 13–17.
- [105] S. Retalis, "Creating Adaptive e-Learning Board Games for School Settings Using the ELG Environment," *J. Univers. Comput. Sci.*, vol. 14, no. 17, pp. 2897–2908, 2008.
- [106] A. Z. Sampaio, M. M. Ferreira, D. P. Rosário, and O. P. Martins, "3D and VR models in Civil Engineering education: Construction, rehabilitation and maintenance," *Autom. Constr.*, vol. 19, no. 7, pp. 819–828, Nov. 2010.
- [107] P. Sancho, J. Torrente, and B. Fernández-Manjón, "MareMonstrum: a Contribution to Empirical Research about How the Use of MUVES May Improve Students' Motivation.," *J. Univers. Comput. Sci.*, vol. 18, no. 2012, pp. 2576–2598, 2012.

- [108] F. Sandu and P. N. Borza, "Real and Emulated Experiments for e-Learning and m-Learning Implemented by Virtual Instrumentation," in *Workshop on using VR in education Proceedings*, 2007, no. March, pp. 71–82.
- [109] R. Sarukkalige, E. Lidsay, and A. H. M. F. Anwar, "Laboratory demonstrators' perceptions of the remote laboratory implementation of a fluid mechanics laboratory," in *21st Annual Conference for the Australasian Association for Engineering Education*, 2010, pp. 124–131.
- [110] A. M. Scapolla, D. Ponta, G. Parodi, G. Donzellini, and A. Bagnasco, "DIBE - Existing e-learning products," in *Workshop on using VR in education Proceedings*, 2007, no. March, pp. 89–98.
- [111] R. Smith and O. Gotel, "Gameplay to introduce and reinforce requirements engineering practices," in *16th IEEE International Requirements Engineering, 2008*, 2008, pp. 95–104.
- [112] C. Xie, E. Hazzard, and S. Nourian, "Infusing Technology Into Engineering Education," in *Engineering and Design Education Research Summit, P-12*, 2010, pp. 1–14.





UCA

---

Universidad  
de Cádiz